Un avenir à employer

un aperçu des technologies de pointe

préparé pour le
Conseil économique du Canada
par Words Associated
et Keith Newton

87-00883/

©Ministre des Approvisionnements et Services Canada 1986

En vente au Canada par l'entremise de nos

agents libraires agréés
et autres librairies

ou par la poste auprès du:

Centre d'édition du gouvernement du Canada
Approvisionnements et Services Canada
Ottawa, (Canada) K1A 0S9

N° de catalogue EC22-132/1986F
ISBN 0-660-91758-0

au Canada: 5,95 $
à l'étranger: 7,15 $

Prix sujet à changement sans préavis

Un avenir à employer :

un aperçu des technologies de pointe

par Words Associated et Keith Newton

Les résultats de cette étude demeurent l'entière responsabilité des auteurs et, en tant que tels, n'ont pas reçu l'adhésion des membres du Conseil économique du Canada.

Table des matières

Préface v

Les technologies de pointe

La micro-électronique : *la grandeur de la petitesse* 2

L'intelligence artificielle : *l'être ou le néant ?* 6

Les systèmes experts : *le savoir à votre disposition* 10

CAO/FAO : *la conception et la fabrication assistées par ordinateur* 14

Les robots : *le rêve utopique devenu réalité d'usine* 18

La production informatisée : *le contrôle automatique des usines* 22

Le laser : *les faisceaux font la force* 26

Les télécommunications : *le monde tient par des fils* 30

La bureautique : *l'administration accélérée* 34

Les matières de pointe : *l'ère du métal tire à sa fin* 38

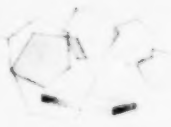
La biotechnologie : *révolutions autour de la double hélice* 42

Les technologies douces : *les nouvelles techniques d'organisation* 46

Glossaire

Les derniers mots en technologie 52

La terminologie des technologies douces, une terminologie qui s'impose 64



Ce livre est l'oeuvre de Words Associated sous la direction de Keith Newton.

Équipe

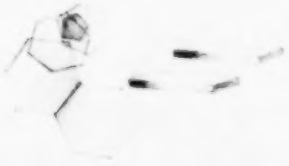
Words Associated

Directrice de la conception et rédactrice en chef : Ruth Tabacnik

Rédaction : Andrew Muir
Recherche : Ruth Tabacnik et Andrew Muir
Conception graphique et illustration : Aili Kurtis
Traduction et révision : Geneviève Déry

Conseil économique du Canada

Directeur du projet : Keith Newton



Nous exprimons aussi notre gratitude à :
Conseil économique : Kathryn McMullen qui a préparé des notes générales; Gordon Betcherman qui a suggéré un guide pour les profanes; Judith Maxwell, la présidente du Conseil, qui a appuyé avec enthousiasme le projet qui différait plutôt des publications habituelles du Conseil.
Autres experts : Arthur Cordell et Jim Rollefson qui ont relu le texte au complet; Louis Giroux, Alain Letendre et Bill Smith qui en ont relu des parties.

Photos :
Centre ontarien de la micro-électronique, p. 4
Chrysler du Canada, pp. 19, 22
Cincinnati Milacron Inc., p. 25
Conseil national de recherches Canada, pp. 21, 27, 28, 43
Ontario Centre for Advanced Manufacturing, p. 14
Ministère des affaires extérieures, pp. 2, 3, 30, 39, 44
Ministère des Communications, pp. 32, 35, 37

Typographie : DavidBerman Typographics

Préface

En 1984, le Conseil économique du Canada approuvait un programme de recherche : les effets du changement technologique sur le marché du travail. Ce livre sur les nouvelles technologies est le résultat de ce projet.

Le changement technologique nous touche tous de bien des façons. Les nouveaux produits et procédés peuvent élargir nos horizons, nous libérer de tâches onéreuses et créer beaucoup de richesse. Ils peuvent aussi soulever de nouvelles questions quant à notre capacité de nous adapter à un monde de changements précipités et d'incertitudes concernant les emplois et les revenus. C'est pourquoi il est important d'essayer de bien comprendre certaines des occasions qui pourraient découler des nouvelles technologies ainsi que les problèmes qu'elles soulèvent. C'est un des buts principaux de l'ensemble du programme de changement technologique du Conseil. Le programme examine toute une gamme de questions sur le travail et le monde : quels effets le changement technologique a-t-il sur l'emploi ? comment le niveau de spécialisation des emplois sera-t-il affecté ? quel a été l'effet du changement technologique sur le marché du travail par le passé ? quelles sont les perspectives d'avenir ? qui sont les gagnants et les perdants ? quelles politiques nous permettront de tirer profit du changement technologique tout en minimisant les coûts sociaux ?

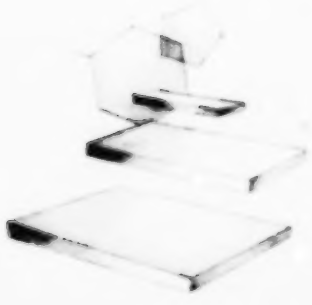
Ces questions nous amenaient en terre inconnue. Le profane est un peu intimidé par les robots, les lasers, les satellites, la production de clones et d'autres exemples de génie technique. Nous sentions le besoin d'un guide simple et facile à lire sur les principales nouvelles technologies et nous croyions que bien d'autres Canadiens ressentaient ce besoin aussi. Nous avons donc été chanceux de pouvoir y intéresser Ruth Tabacnik et sa compagnie Words Associated qui a pu réaliser le concept grâce à une solide connaissance du domaine technique, sa créativité et la verve de sa plume. Le livre qui en résulte veut sensibiliser les gens à plusieurs technologies sophistiquées.

Cependant, il faut se souvenir que le changement technologique n'est pas qu'instrumentation fascinante. Nombre des innovations d'envergure n'ont rien à voir avec l'équipement ou les machines. Au contraire, il s'agit souvent de changements subtils mais importants dans les domaines des procédés, des approches, des méthodes, de l'organisation et de la gestion; leurs conséquences peuvent être toutes aussi révolutionnaires. Le dernier chapitre du livre souligne cette vue d'ensemble du changement technologique et décrit brièvement certaines des technologies «douces» et des pratiques innovatrices.

Le glossaire contient plusieurs termes techniques des diverses technologies.

K.N.

Les technologies de pointe



La micro-électronique :
la grandeur de la petitesse

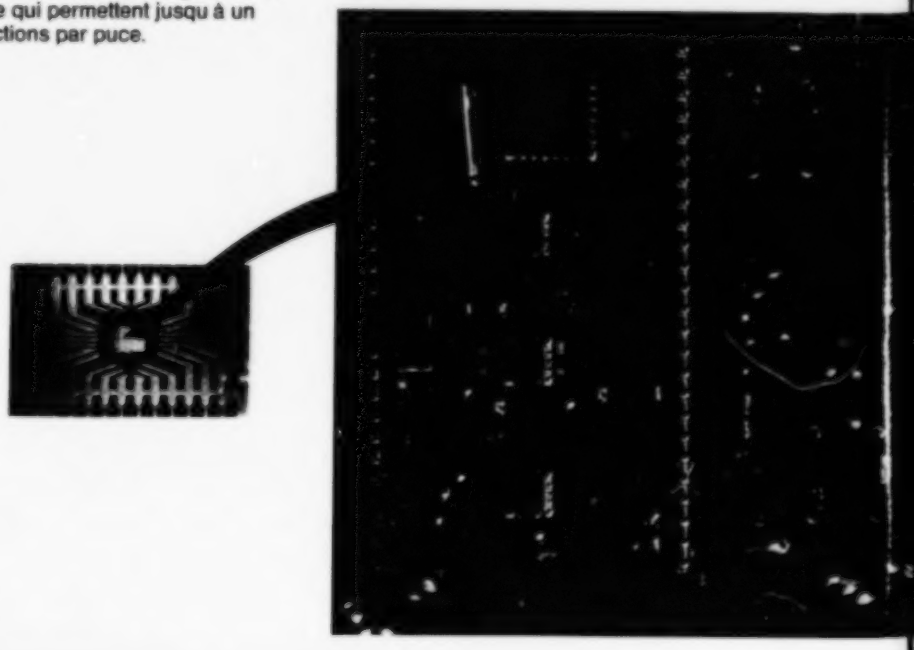
Les éléments de la micro-électronique ont commencé petit et se sont tellement réduits qu'on les croirait en voie de disparition : des puces de silicium microscopiques, des fils fins comme des cheveux. Ils commandent des signaux électriques : les commutent, les amplifient et leur font faire du travail d'un nouveau genre—du travail, selon certains, tout aussi complexe que le travail de penser. Les premières machines voulaient augmenter la puissance des muscles de l'homme, les nouvelles veulent augmenter la puissance de ses sens et de son cerveau.

Les débuts de la micro-électronique remontent aux années 1950 quand les transistors remplacèrent, pièce pour pièce, les tubes à vide. Peu après, l'invention du circuit intégré (CI) permettait d'intégrer des centaines de transistors et d'autres fonctions électroniques sur une petite puce de silicium. Vint ensuite l'intégration à grande échelle : on grave sur une seule puce des milliers de transistors électroniques—assez pour tout un ordinateur. Aujourd'hui, il y a des fabricants partout au monde qui se hâtent de perfectionner des circuits intégrés à très grande échelle qui permettent jusqu'à un million de fonctions par puce.

- Depuis 1959, le nombre de composants de circuit par puce a quasi doublé d'année en année.

À chaque réduction, les semiconducteurs micro-électroniques deviennent plus puissants, moins coûteux et plus fiables. Ils sont à la base d'une révolution qui touchera toutes les institutions de la société. Cette révolution ouvre de vastes horizons exaltants. Elle ne comporte qu'une certitude : la certitude du changement...

À la base de la nouvelle électronique, il y a le mariage de la puce et de l'ordinateur. On a dompté les ordinateurs, ces monstres qui aux années 1950 coûtaient des millions de dollars et occupaient des pièces entières avec leurs tubes à vide chauds, leurs fils et leurs troupes de techniciens. Les derniers 30 ans ont vu le coût d'une opération donnée sur ordinateur diminuer un million de fois et la taille de ces colosses se réduire à celle d'un porte-documents.



Ce changement radical de la taille des ordinateurs a entraîné un profond changement dans notre perception de leur utilité, leur fonction. Les scientifiques et les ingénieurs de trente ans passés qui se servaient de leurs ordinateurs pour résoudre des équations complexes en mathématiques auraient trouvé l'idée de s'en servir pour leur correspondance ridicule. Mais partout au monde aujourd'hui des millions d'ordinateurs de bureau servent surtout au traitement de texte. Les créateurs des premiers ordinateurs n'avaient jamais songé qu'on se servirait un jour de la puissance de ces machines avec tant de désinvolture.

Nonobstant la présence des géants établis de l'industrie, la popularité des ordinateurs de bureau est due à deux étudiants américains (Steve Jobs et Steve Wozniak, les fondateurs d'Apple). Et même ces deux francs-tireurs ne savaient pas trop comment les gens voudraient se servir de leur produit. Cette vision appartenait aux concepteurs de logiciels comme Wordstar, Visicalc et Lotus– des noms de commerce qui ont littéralement fait fortune avec des applications de micro-ordinateur.

- Trente ans passés, il fallait plusieurs milliers de téléphonistes pour traiter un million d'appels interurbains. Aujourd'hui, il en faut à peine une douzaine.

La micro-électronique s'est montrée d'une adaptabilité apparemment illimitée avec d'autres technologies. Par exemple, dans l'industrie des communications, les puces ont rapidement remplacé l'ancien matériel électronique, ce qui a entraîné un changement dans la nature même des communications. La technologie de la téléinformatique est née du croisement des technologies de l'informatique et du téléphone. Les standards informatisés se sont ajoutés à la transmission informatisée, à la technologie des satellites et à la facturation informatisée. La transmission de données représente une importante entreprise nouvelle pour les sociétés de téléphones.

Aujourd'hui, la tendance au croisement se poursuit avec la transmission numérique de données vocales et les systèmes de transmission par fibres optiques. Les ordinateurs servent aussi à augmenter la capacité de transmission de chaque ligne en faufilant les signaux portant une conversation à travers les signaux portant d'autres.

Société post-industrielle, société informatisée ou société de loisirs ?

- Dans la fabrication de machines à coudre, un microprocesseur remplace 350 pièces mécaniques.
- Au Royaume-Uni, l'industrie de l'automobile produit 17 voitures par année-personne. Les usines informatisées du Japon produisent 70 voitures par année-personne.

La nouvelle électronique change non seulement les produits industriels mais aussi les modes de fabrication, de livraison et de consommation de ces produits. Cela soulève de graves questions au sujet de l'attitude actuelle de la société envers le travail et l'ouvrier. Les commandes informatisées ont introduit une nouvelle ère d'automatisation dans les usines. De nouveaux mélanges de robotique et d'autres développements dans la production remplacent les chaînes de montage par des installations flexibles de fabrication partiellement ou complètement automatisées. Dans les nouvelles usines le taux de productivité des ouvriers augmente de beaucoup.

Dans les industries de richesses naturelles, la micro-électronique pourrait avoir une influence plus subtile sur la demande en permettant une utilisation beaucoup plus efficace que par le passé. Les scientifiques, les ingénieurs et les concepteurs se servent de la CAO (conception assistée par ordinateur) pour obtenir un niveau étonnant de perfectionnement dans le développement de produits. Les coûts de matériel et de fabrication peuvent être passés au peigne fin comme jamais auparavant. Dans la conception, la règle principale a toujours été de faire le plus possible avec le moins possible; la nouvelle vue d'ensemble offerte par la CAO permet aux concepteurs de mieux respecter la règle en créant simultanément sur ordinateur des modèles de produits futurs et des installations de production.

L'effet collectif de ces changements est particulièrement évident dans l'industrie automobile. Les automobiles perdent des milliers de kilos et obtiennent ainsi un meilleur rendement avec moins de matériaux. Dans la bataille continue pour réduire les coûts, de nouveaux matériaux menacent la prééminence des matériaux traditionnels. Les assemblages partiels conçus par ordinateur coupent le temps de fabrication pendant que des robots font de plus en plus de travail d'assemblage. General Motors, par exemple, prévoit une force de 14 000 robots d'ici 1990.

La bureautique

La révolution micro-électronique a créé des capacités de diffusion, de collecte et de stockage d'information sans précédent et, ce faisant, a intensifié la demande d'information. Environ la moitié de la population active du Canada travaille maintenant dans l'information ou dans des domaines connexes. La nouvelle bureautique transforme les industries qui répondent à cette demande.

Dans le bureau informatisé, l'imprimé cède la place à la micro-électronique dans toutes les étapes de traitement de l'information : rédaction, stockage et recherche de documents. Les machines de traitement de texte ont remplacé les machines à écrire dans nombre de bureaux. Les idées en mémoire électronique sont automatiquement à notre disposition où que nous soyons. Les documents peuvent être revus et mis à jour au besoin ou peuvent servir de base à d'énormes banques de données. Le courrier électronique, les notes de service, les téléconférences et d'autres fonctions mettent la gamme complète des activités de la société à la disposition de tout terminal de bureau approprié. Dans cet environnement, on passe à l'informatisation du travail courant des commandes, de la facturation, de la paie et de la gestion des stocks.

Le gestionnaire informatisé

La micro-électronique peut maintenant toucher tout genre de travail. Par exemple, les nouveaux logiciels de systèmes experts mettent de plus en plus d'habiletés professionnelles à la portée du propriétaire d'ordinateur. De nouveaux développements dans le domaine de l'intelligence artificielle pourraient, dans un avenir proche, entraîner l'automatisation de tâches qu'on croyait réservées aux hommes.

La micro-électronique pourrait être l'économiseur suprême de travail. L'homme peut, pour la première fois de l'histoire, éliminer le travail en bonne partie, sinon en quasi totalité, de l'équation de la production. Les changements éventuels nécessiteront une sérieuse réadaptation des valeurs sociales. Les questions sociales découlant du caractère changeant et insaisissable du travail poseront un grave problème aux législateurs de l'ère électronique.

De formidables débouchés s'ouvriront au fur et à mesure que de nouvelles industries s'installeront dans la société. Une mutation dramatique s'opérera dans les modes de travail...et de loisir. Le pendant de l'augmentation du temps libre sera une croissance des industries des loisirs. L'éducation permanente prendra sa vraie place dans nos vies car nous voudrons nous préparer aux possibilités d'emploi toujours nouvelles.

Le bureau portatif

En théorie, une bonne partie du travail du bureau informatisé peut être fait à n'importe quel endroit où l'on peut brancher un ordinateur sur une ligne téléphonique. Il y a quelques années on a cru que l'arrivée des ordinateurs personnels inaugurerait l'ère du télétravail où les employés de bureau travailleraient à domicile sur leurs terminaux. Mais cela ne s'est pas encore produit à cause de la nature sociale d'une bonne partie du travail de bureau. Cependant, des administrateurs expédient déjà du travail d'entrée de données à des clavistes dans des pays du tiers monde. Données qui sont ensuite retransmises par téléphone aux ordinateurs du client. Il s'agit d'une nouvelle tendance qui préoccupe les planificateurs sociaux.

L'intelligence artificielle :
l'être ou le néant ?

- *« Ce n'est pas seulement la deuxième révolution de l'informatisation. C'est la principale. »* (traduction) Edward A. Feigenbaum et Pamela McCorduck, The Fifth Generation — Artificial Intelligence and Japan's Computer Challenge to the World.
- *« Ces gens se sont faits avoir. »* Hubert Dreyfus, un critique de l'intelligence artificielle.

L'intelligentzia de l'intelligence artificielle est formée d'informaticiens, d'ingénieurs, de mathématiciens, de linguistes, de psychologues et de neurophysiciens qui partagent une même vision : la création de machines douées d'intelligence humaine.

La définition nous échappe. Car si on entend diverses choses par « intelligence humaine » selon les cultures et les circonstances (lors de ses études secondaires, le « cancre » Einstein fut mis à la porte), les définitions de « l'intelligence artificielle » sont aussi nombreuses que les experts dans le domaine. Pour l'intelligence artificielle (IA) comme pour la beauté, c'est « chacun à son goût ».

Dans le camp des mordus de l'IA, on prédit le jour où les pouvoirs intellectuels des « cerveaux » mécaniques dépasseront ceux de l'homme. Dans le camp opposé, les critiques de l'IA croient que parler de recherche dans le domaine de l'intelligence artificielle est un non-sens, un gaspillage de milliards de dollars pour un modèle mécanique de l'intelligence. Un nombre croissant de chercheurs se situent entre les deux camps et travaillent avec plus ou moins de conviction ou d'indifférence quant à la justesse de l'étiquette « intelligence ».

On décrit donc l'intelligence artificielle de diverses façons :

« La propriété d'une machine capable de raisonner qui lui permet d'apprendre des fonctions caractéristiques de l'intelligence humaine. »

« ...portant sur la compréhension des principes de l'intelligence et la création de modèles pratiques du comportement de l'intelligence humaine. »

« Un langage technique permettant d'assujettir l'imagination. »

Chose certaine, l'intégration dans des machines des processus de la pensée présente un défi intellectuel suffisant pour attirer des théoriciens de premier ordre à la recherche dans le domaine de l'IA. Pour certains chercheurs, leur travail sert surtout de terrain d'expérience pour les théories sur la perception et la cognition humaines et le produit final pourrait bien être d'approfondir nos connaissances sur l'organisme humain. Pour d'autres chercheurs, encore plus nombreux, l'IA représente tout simplement l'évolution logique de l'informatique d'une machine à calculer à un outil qui peut apprendre, percevoir, raisonner et résoudre des problèmes.

Prenez deux cachets et rappelez-moi demain

Les débuts de l'intelligence artificielle remontent aux années 1950 lorsque des chercheurs ont découvert qu'il était plutôt facile de représenter des fonctions intellectuelles « supérieures » sur ordinateur en utilisant des opérations conditionnelles. La formule semble incroyablement simple : « ***Si*** *il a l'air d'un canard et qu'il marche comme un canard et qu'il fait coin-coin comme un canard,* ***alors*** *c'est tout probablement un canard.* » Ce genre de procédé de déduction sous-tend le « système expert » d'aujourd'hui, une nouvelle façon de mettre le savoir à profit qui est en train de devenir le premier succès commercial de l'IA.

Les logiciels de systèmes experts se sont avérés fort capables de calquer les procédés décisionnels des experts dans des domaines de connaissances hautement spécialisées. Ainsi, on a créé des systèmes experts de diagnostic, de prospection de gîtes minéraux et du pétrole, de dépannage de systèmes mécaniques, d'interprétation d'expériences et de configuration de systèmes informatiques.

Plusieurs genres de systèmes experts se sont avérés des plus efficaces car ils rassemblent les connaissances des experts qui ont contribué à la création du logiciel. Citons un exemple : un médecin, équipé d'un micro-ordinateur et des systèmes experts appropriés, dispose, où qu'il soit, du savoir distillé des plus grands spécialistes au monde. Avis — les systèmes experts voient à l'organisation et la livraison efficaces des connaissances. Il n'est pas question de « penser » ou de « connaître », mais simplement de fonctionner.

Place à la parole

● Le plus important des nouveaux langages machine est...la langue commune.

Le développement de systèmes informatiques capables de comprendre le langage naturel est au coeur de la recherche de l'IA actuelle. Les problèmes sont d'envergure : le langage est formé de plusieurs composantes dont évidemment les mots mais aussi la nuance, le contexte, une communauté de connaissance du monde, d'aspirations, de valeurs et de croyances. Les équipes de linguistes, de psychologues, d'informaticiens et de chercheurs dans le domaine de l'intelligence artificielle qui se concentrent sur les langages machine naturels sont partis du principe que la langue et la pensée pouvaient être exprimées en termes de logique formelle. Ils prenaient leurs désirs pour des réalités. Car dès qu'on tient compte du contexte social, on assiste au miracle de la multiplication des significations des mots.

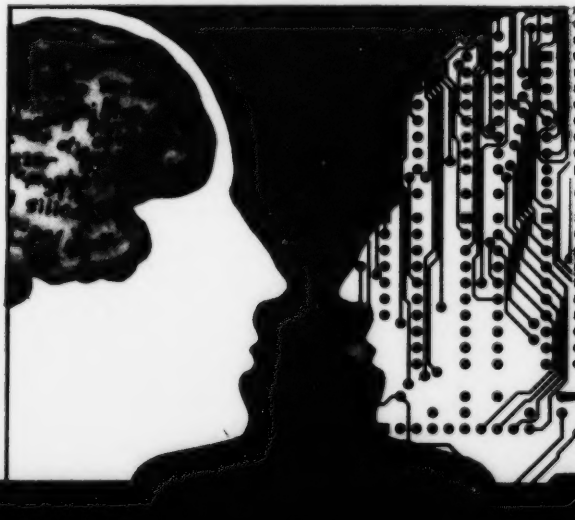
Cependant, on a trouvé d'élégantes solutions partielles dont l'application a connu un certain succès. Des chercheurs au Canada ont développé des systèmes de traduction informatisés. Les composeurs-répondeurs informatisés capables de différencier entre les réponses « oui » et « non » se vendent bien. Aux États-Unis, IBM, un géant de l'informatique, vient d'annoncer un système expérimental capable d'accepter des données vocales et possédant un vocabulaire maximal de 5000 mots.

En mettre plein la vue

La vision machine est un aspect passionnant de la recherche sur l'IA. Plus de la moitié du cerveau humain s'occupe à voir. Les experts ont calculé qu'une image subit, en termes informatiques, 10 milliards de calculs avant même d'atteindre le nerf optique en route au cerveau – un défi de taille.

Mais, le cerveau humain doit encore décoder les impressions à deux dimensions captées par chaque oeil; pour ce faire, il semble utiliser des techniques praticables pour la vision machine : la stéréoscopie, les nuances, la couleur, la texture de surface et les modifications de l'image dues au mouvement.

Grâce au succès connu dans l'élaboration d'équations pour décrire ces propriétés on a pu développer des systèmes de vision machine capables de différencier une pièce d'une autre. Les applications de cette technologie commencent à se tailler une place dans les usines du monde car elles confèrent une nouvelle souplesse aux robots industriels anciennement aveugles. Ainsi, une société canadienne a produit un système de vision pour le contrôle des robots d'une chaîne d'assemblage de pièces d'automobiles. Demain, les robots voyants seront chose commune.



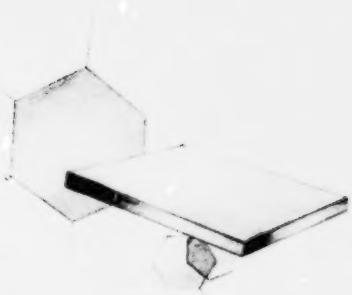
Le champ de bataille : les budgets

Un récent succès de librairie américain sur l'IA sonnait l'alerte : les Japonais sont sur le point de produire la « cinquième génération » d'ordinateurs. Le livre examine le projet du Japon en informatique de développer des superordinateurs dynamiques capables d'imiter certaines caractéristiques de la pensée humaine. Le livre traite longuement de l'ère prochaine du « traitement de connaissances » et souligne que nos connaissances se multiplient si rapidement qu'il faudra des ordinateurs plus sophistiqués pour les utiliser pleinement. Les Japonais, dit-on, considèrent le traitement des connaissances comme l'industrie de l'avenir et le gouvernement subventionne une grande partie de la recherche dans ce domaine.

La recherche américaine en IA est aussi subventionnée en grande partie par le gouvernement mais, au contraire de la recherche japonaise, elle porte surtout sur des applications militaires. Le succès du concept de la « guerre des étoiles » est étroitement lié au succès de l'IA.

Le Canada se distingue dans trois domaines précis de l'IA : la vision machine, le traitement de langages naturels (cela comprend la traduction automatique) et la programmation de logiques. Au contraire de la situation américaine, la recherche en IA au Canada se poursuit d'habitude dans des milieux civils et académiques. Plus d'une douzaine d'universités au pays oeuvrent présentement dans le domaine de l'IA.

Dans le secteur privé, d'importantes sociétés comme Bell-Northern Research d'Ottawa et Spar Aerospace de Toronto ainsi que plusieurs plus petites entreprises s'évertuent à développer des nouveaux produits pratiques. Les possibilités commerciales des produits d'IA y attirent, évidemment, les entrepreneurs.



- Selon DM Data Inc. d'Arizona, les ventes américaines de produits d'IA devraient atteindre les 2,9 milliards de dollars d'ici 1990.

Le combat de la recherche s'annonce dur mais l'enjeu déterminera le siège du pouvoir économique au siècle prochain. Chose certaine : d'une façon ou d'une autre, l'IA révolutionnera l'avenir. Reste à savoir comment.

Les systèmes experts :

le savoir à votre disposition

- L'ordinateur : « *Question 11. Le patient présente-t-il le symptôme de maux de tête persistants ou d'autres symptômes neurologiques anormaux (étourdissement, léthargie, etc.) ?* »
  Utilisateur : « *Oui* ».

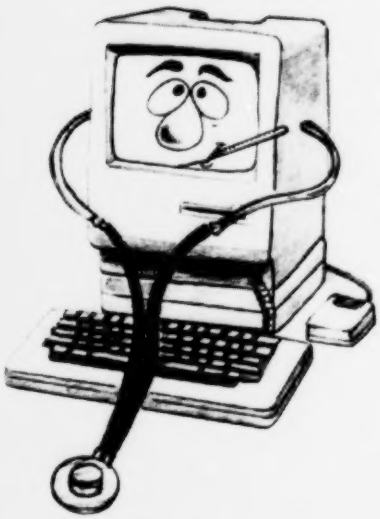
L'ordinateur exécute *Mycin*, le programme de système expert classique développé à l'université Stanford vers le milieu des années 1970 pour diagnostiquer les maladies du sang. Le programme pose à l'utilisateur une série de questions directes sur le patient : symptômes, résultats des analyses de laboratoire et antécédents médicaux. Les réponses lui permettent de faire un diagnostic avec réserves (une méningite dans ce cas) qui s'avère aussi exact que le diagnostic d'un spécialiste. Après avoir établi le diagnostic, Mycin recommande les médicaments appropriés en tenant compte du poids du patient, de ses antécédents allergiques et d'autres facteurs.

L'intelligence artificielle est un domaine prospère pour l'exploitation commerciale mais les systèmes experts connaissent une commercialisation particulièrement énergique. Le nombre des programmes à succès prouve que les systèmes experts fournissent un précieux support aux experts humains dans la résolution de problèmes caractéristiques de certains genres de travail. Les fervents prédisent un brillant avenir pour les systèmes experts quand les logiciels seront plus largement diffusés et qu'ils pénétreront sur le marché des ordinateurs personnels. Certains présagent que tout foyer et tout commerce aura sa propre informathèque d'expertises – de quoi résoudre tous les problèmes du dépannage à la chirurgie du coeur. Les initiés nous préviennent des restrictions très sérieuses qui pèsent encore sur le traitement de connaissances. Mycin possède de grandes connaissances sur les maladies du sang. Mais il ne sait toujours pas ce qu'est un « patient ».

Edward Feigenbaum, un des concepteurs de Mycin et un chef de file dans le domaine, définit ainsi les systèmes experts : « un programme informatique intelligent qui utilise des connaissances et des règles d'inférence pour résoudre des problèmes d'un niveau de difficulté qui exige une expertise humaine considérable. »

Les systèmes experts organisent les connaissances acquises des experts et les appliquent pour aider à résoudre des problèmes. L'élément de règle d'inférence du programme—la logique qui permet à l'ordinateur de tirer des conclusions—est distinct de la base de connaissances ou de l'expertise donnée. Les règles d'inférence s'expriment par diverses formules. Par exemple, Mycin est un système à règles qui utilise le raisonnement « situation—action » ou « si—alors » pour trouver des solutions. Un exemple de règle :

« ***Si*** *(i) l'infection est une méningite et (ii) que la coloration de cultures n'a pu déceler les micro-organismes et (iii) qu'il pourrait s'agir d'une infection virale et (iv) que le patient est gravement brûlé,* ***alors*** *il est probable que* ***Pseudomonas aerugninosa*** *soit un des micro-organismes causant l'infection.* »



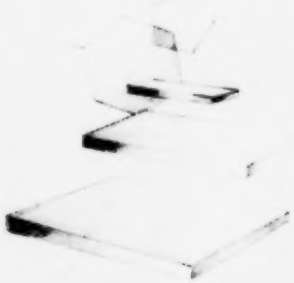
Le système expert Mycin compte 475 règles au total pour interpréter sa base de connaissances. Les systèmes experts actuels doivent se limiter à quelques milliers de règles sous peine de lenteurs intolérables dans l'exécution du programme. Un maître d'échecs, au contraire, doit retenir environ 50 000 règles dans son domaine d'expertise.

Chose surprenante, quoique les systèmes experts sont assez puissants, grâce à un nombre limité de règles, pour s'attaquer à des tâches professionnelles complexes, cette technologie est incapable grosso modo de venir à bout de simples tâches humaines n'exigeant que du gros bon sens. Ainsi, *Internist-1* est un programme de diagnostic pour la médecine interne, *Prospector*, un système expert à l'intention de géologues de l'industrie du pétrole et *DENDRAL* est capable d'utiliser la spectroscopie pour créer des structures de molécules organiques vraisemblables. Mais vous aurez toutes les difficultés du monde à diriger un véhicule sans chauffeur à un point donné en vous servant d'un système expert. Le concept du temps aussi s'avère d'une insaisissabilité exaspérante.

Des machins à la mode ?

Quoique les systèmes experts ne peuvent pas encore conduire des camions, ils sont « le dernier cri » dans un nombre croissant de professions. Des vendeurs s'en servent pour faire la conception de systèmes informatiques, des géologues pour déceler des gîtes de minerais ou de pétrole, des ingénieurs pour le dépistage de problèmes d'équipement sophistiqué, des biologistes et des chimistes pour l'interprétation d'expériences, des fabricants pour rencontrer les calendriers de production... la liste s'allonge à chaque jour.

Que les ordinateurs experts soient « intelligents » ou non (ils ne le sont probablement pas) de ce temps-ci ils en abattent du boulot. Les gens les aiment. Et les attraits et avantages de la technique des systèmes experts alimentent la recherche qui pourrait tirer cette technologie de l'étape « d'idiot savant » vers une façon de raisonner aussi souple que le raisonnement humain.



Aujourd'hui, demain, toujours

Les experts automatiques présentent des avantages que leurs confrères humains ne possèdent pas. Ils ne se fatiguent jamais ni ne s'ennuient—ils ne quitteront jamais la compagnie—ils ne sont jamais distraits—ils peuvent être perfectionnés et ils ont comme point de départ la base des connaissances accumulées des grands experts dans le domaine. De plus, ils peuvent résoudre des problèmes dont la complexité dépasse tout expert humain. Et que dire des taux horaires...

Dans des situations où règne la panique ou un manque chronique de gens formés, les systèmes experts pourraient également s'avérer utiles soit pour provoquer les hommes à l'action soit pour contrôler des machines. Ainsi, on développe des systèmes experts expérimentaux pour les centrales nucléaires; en cas d'accident grave ils assureraient le contrôle de l'équipement.

La U.S. Defense Advanced Research Projects Agency (Agence américaine de projets militaires de recherche avancée) envisage dépenser plus de 600 millions de dollars au cours des cinq prochaines années pour le développement de systèmes experts et autres en vertu du Strategic Computing and Survivability Program (Programme d'informatique stratégique et de survie). Quel est un des buts principaux de cette recherche ? —Un système expert de contrôle pour la conduite sans chauffeur de véhicules de guerre.

Le ministère de la Défense nationale du Canada cherche à utiliser des systèmes experts pour l'interprétation de signaux acoustiques.

L'expertise du Nord

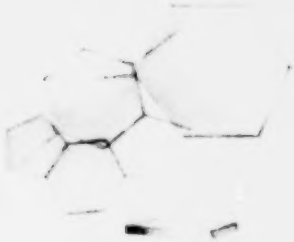
Ce n'est que tout récemment que les systèmes experts sont devenus un sujet d'intérêt au Canada. Les systèmes experts, quasi inconnus au début des années 1980, ont fait l'objet de nombreux cours, séminaires, conférences et démonstrations depuis 1984.

Le gouvernement fédéral développe des systèmes experts, entre autres, pour le moulage de matières plastiques par injection, pour des applications de soudure par robots, pour le diagnostic de déficiences cardiaques, et pour le développement de stratégies de conception pour la conception industrielle, architecturale et d'ingénierie. Environ une douzaine d'universités canadiennes participent activement à la recherche dans le domaine de systèmes experts en médecine, en sylviculture, en météorologie, en formation et en programmation.

L'industrie canadienne de systèmes experts est très récente comme c'est le cas dans d'autres pays. La plupart des entreprises ne peuvent pas se payer les coûts prohibitifs de perfectionner des systèmes experts de grande envergure. Seulement quelque vingt sociétés au pays produisent actuellement de ces systèmes, y compris des progiciels experts personnalisés—les logiciels personnalisés sont une spécialité canadienne, pour ainsi dire. Mais la situation est appelée à changer au fur et à mesure que des systèmes experts abordables viennent sur le marché.

Langage et lacunes

Un système expert sans base de savoir n'est qu'un langage de commande. Un simple langage de commande peut comprendre la liaison avec l'utilisateur, le système d'inférence et les outils logiciels pour entrer en mémoire des connaissances spécialisées. On introduit présentement des logiciels de langage de commande pour les systèmes experts sur le marché et ce développement devrait amener une nouvelle poussée de croissance de cette technologie. Plusieurs utilisateurs nouveaux développeront des systèmes experts sur le modèle de leurs procédés de prise de décision. On s'attend à un regain de vigueur créative dans le domaine des systèmes experts grâce à l'apport des petites « boîtes » de création de logiciels qui inventent des solutions nouvelles pour parer aux défauts des systèmes experts et qui leur trouvent des applications inattendues.



Les machines à la découverte des évidences

La représentation de connaissances en termes machine est une science et un art. Afin de permettre aux machines de manipuler des objets physiques d'une manière souple et flexible, il faudra les programmer avec des concepts que nous, humains, prenons pour acquis. Les concepteurs de logiciels envisagent une évolution et un perfectionnement du matériel qui permettront aux systèmes experts de manipuler jusqu'à 10 000 règles. Il serait possible de programmer un tel système de façon à ce qu'il possède certains aspects du bon sens humain—les millions de suppositions et de jugements qui sous-tendent le raisonnement humain. La physique simple nous apprend, par exemple, que les objets sans support tombent. De même, il nous est évident que la poule au pot ne s'envolera pas.

Les mordus de l'intelligence artificielle rêvent d'une époque où des puces expertes s'occuperont seules d'activités intellectuelles qui dépassent présentement les compétences des ordinateurs. Nos experts en chair et en os doivent affronter le grave défi des conséquences d'un tel changement.

CAO/FAO :

la conception et la fabrication assistées par ordinateur

● *« L'ordinateur personnel transforme vraiment le marché : pour 30 000 $ à 50 000 $ aujourd'hui on peut s'acheter un système qui coûtait de 300 000 $ à 500 000 $ il y a quelques ans."* Jack Scrimgeour, membre fondateur du Conseil canadien de la CAO/FAO.

De la table à dessin au poste de travail informatique

La conception assistée par ordinateur (CAO) et la fabrication assistée par ordinateur (FAO) sont venues à l'attention du public il y a quelques années quand des prédictions passionnantes proliféraient. La CAO marie la table à dessin de l'ingénieur et la puissance de l'ordinateur pour produire des interprétations graphiques sophistiquées des nouvelles conceptions et cette idée enflamme l'imagination des ingénieurs et du public. Le poste de travail de la CAO est au dessin ce que la machine de traitement de texte est à la parole.

Les gens doués pour la technique ont vite perçu l'avantage d'utiliser un ordinateur pour calculer des facteurs et coefficients comme l'analyse de la tension, lors de l'étape de la conception. Cette technologie devait révolutionner la conception dans le domaine de l'ingénierie. Pouvoir puiser dans les dessins en mémoire les codes de commandes pour les machines automatiques de fabrication (FAO) élargit le champ de l'imagination et transforme effectivement le poste de travail informatique du concepteur en machine à copier en trois dimensions.

Sommes-nous tombés dans le panneau de la CAO ?

Hélas, la réalité fut moins rose. En premier, le matériel et les logiciels de la CAO/FAO étaient complexes, coûteux et pas toujours compatibles avec l'outillage industriel, les gros ordinateurs ou autre équipement électronique.

Tout le monde admettait la valeur potentielle de la technologie de la CAO/FAO, mais le coût d'installation élevé et la crainte de l'obsolescence ont rebuté de nombreuses entreprises qui ne se considéraient pas de taille, et certaines grandes qui s'y sont lancées furent déçues en découvrant que ce n'était pas le remède universel. Ces compagnies n'arrivaient pas à définir leurs attentes envers la CAO/FAO et, jusqu'à un certain point, c'est cela qui a causé le problème. Elles discutaient du « comment » avant d'avoir discuté du « que faire et pourquoi ».

Des calculs inspirés pour les entreprises plus petites

Selon un sondage, en 1985 seulement 500 entreprises avaient des installations de la CAO/FAO alors qu'il y a 43 000 compagnies manufacturières canadiennes. Maintenant, des systèmes moins dispendieux pilotés par des micro-ordinateurs ont éliminé une importante barrière à l'introduction de cette technologie sur une grande échelle. Grâce à un regain d'intérêt pour la technologie, la révolution devrait gagner les plus petits manufacturiers canadiens—où, selon les experts, on réalisera les plus grands avantages.

- *« Cette année, la CAO/FAO se taillera une plus grande place dans la fabrication qu'au cours des 20 années antérieures. »* Manufacturing Engineering, février 1986.

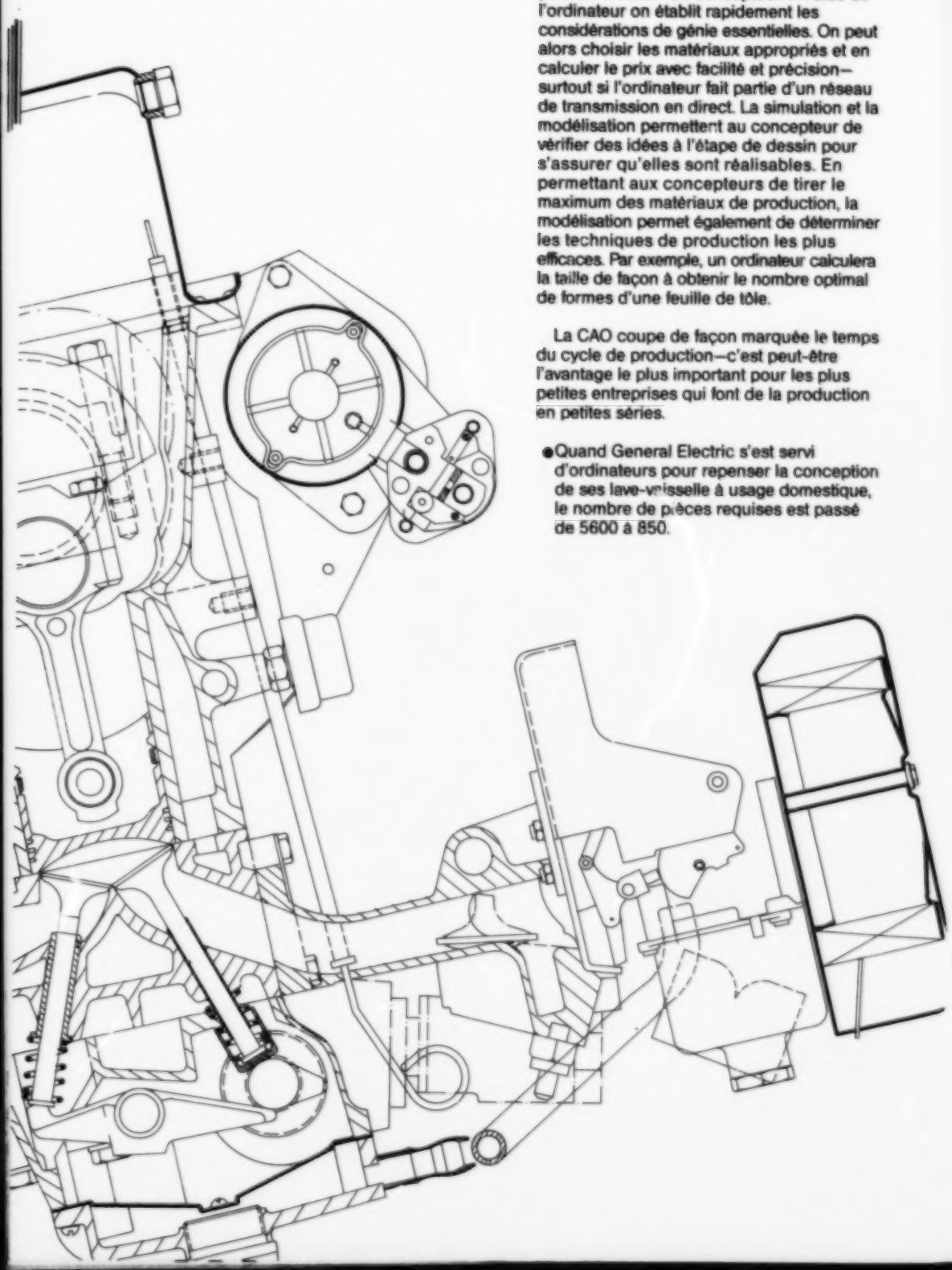
On ne peut pas nier l'apport de la conception assistée par ordinateur aux concepteurs et ingénieurs. Formes, pièces, grandeurs, et accessoires standard, ainsi que toute une bibliothèque d'éléments de dessin communs, peuvent être mis en mémoire d'ordinateur et automatiquement incorporés dans une conception. On peut traduire facilement une conception par des dessins réalistes à trois dimensions. On peut agrandir ou retoucher divers éléments d'un dessin, les faire tourner sur eux-mêmes ou les réagencer. On peut explorer les relations entre les divers éléments et le tout.

L'examen de solutions radicales aux antipodes des solutions traditionnelles de conception ne nécessite plus le temps énorme exigé auparavant pour la réalisation de dessins minutieux à la main. L'animation informatique donne au concepteur une vue dynamique de l'interaction entre une pièce et ses composantes et d'autres éléments de la conception globale.

L'apport de la CAO en génie augmente le pouvoir créateur du concepteur. À l'aide de l'ordinateur on établit rapidement les considérations de génie essentielles. On peut alors choisir les matériaux appropriés et en calculer le prix avec facilité et précision—surtout si l'ordinateur fait partie d'un réseau de transmission en direct. La simulation et la modélisation permettent au concepteur de vérifier des idées à l'étape de dessin pour s'assurer qu'elles sont réalisables. En permettant aux concepteurs de tirer le maximum des matériaux de production, la modélisation permet également de déterminer les techniques de production les plus efficaces. Par exemple, un ordinateur calculera la taille de façon à obtenir le nombre optimal de formes d'une feuille de tôle.

La CAO coupe de façon marquée le temps du cycle de production—c'est peut-être l'avantage le plus important pour les plus petites entreprises qui font de la production en petites séries.

- Quand General Electric s'est servi d'ordinateurs pour repenser la conception de ses lave-vaisselle à usage domestique, le nombre de pièces requises est passé de 5600 à 850.

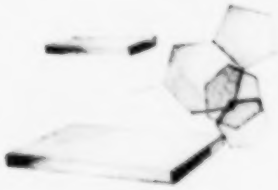


L'autre membre de l'équation est la fabrication assistée par ordinateur : on se sert d'informations provenant de la conception créée par la CAO pour assurer la commande de la machinerie automatique d'une usine. La liste des procédés qui peuvent être commandés par ordinateur continue de s'allonger. Voici quelques exemples : les machines-outils, les tours, les fraiseuses et aléseuses et les procédés de coupe de patrons et de tissus, de soudure, de brasage, de moulage, de découpage au chalumeau, de peinture et d'assemblage automatique.

Jusqu'ici, la grande automatisation de la CAO/FAO était réservée aux grandes compagnies. Les fabricants d'ordinateurs, poussés par la « révolte » de certains des plus gros acheteurs d'équipement informatique industriel, ont accepté de développer des normes universelles pour les liaisons entre les ordinateurs et les machines. L'adoption plus universelle du Manufacturing Automation Protocol (Protocole d'automatisation de la fabrication) développé par General Motors of Detroit veut dire que, pour certaines applications, les systèmes intégrés d'ordinateurs et de machines industrielles seront offerts en version « clés en main », prêts à utiliser, pour ainsi dire. Les prix de matériel de la FAO devraient alors chuter.

L'adoption globale des procédés de la CAO/FAO ne conviendra jamais à nombre de petits fabricants. Mais le matériel moins dispendieux de la CAO/FAO se retrouvera chez les plus petits fabricants intéressés à déterminer quelles applications de la nouvelle technologie conviennent à leurs besoins. La technologie de la CAO/FAO s'avère plus flexible que les machines spécialisées parce qu'elle est reprogrammable et convient donc mieux à la production en moyenne ou en petite série qui peut nécessiter des changements fréquents.

Grâce à la mobilité et à la prévision que lui confèrent la CAO/FAO, l'entreprise plus modeste peut concurrencer ses plus importantes rivales. Chose surprenante, quoique la CAO/FAO entraîne d'habitude la perte d'emplois dans les grandes entreprises, elle tend à en créer dans les plus petites.



Exemples pris sur le vif

- Les médecins et dentistes se servent de plus en plus de programmes de la CAO/FAO pour concevoir et fabriquer des implantations telles des articulations de hanche ou des dents. Avec ces programmes on obtient d'habitude le succès au premier coup épargnant au patient douleur et temps.

- La société Bata Industries de Batawa (Ontario) a développé un système de la CAO de 150 000 $ pour la conception d'empeignes qu'elle a vendu à des fabricants aux États-Unis, au Japon, en Allemagne de l'Ouest et au Canada. Elle développe également des systèmes de la FAO pour faire diverses grandeurs de formes à chaussures, des moules à semelles et des dispositifs pour tenir les pièces du soulier ensemble pendant la couture.

- Dans l'Ouest du Canada, MacMillan Bloedel a intégré la CAO/FAO dans ses scieries. Un programme informatique combine les données sur la taille et la forme des billes avec de l'information sur les commandes de madriers et de poteaux afin de déterminer ce qu'il faut couper de chaque bille. Cela réduit considérablement les pertes.

Les robots :

le rêve utopique devenu réalité d'usine

Depuis que Karel Capek créa le mot « robot » en 1920 dans sa pièce intitulée *R.U.R.* (Robots universels de Rossum), les robots ont tenu une grande place dans le monde imaginaire du vingtième siècle. Heureusement, les nouvelles machines industrielles ainsi nommées n'ont rien à voir avec l'armée d'automates à forme humaine qui depuis Capek peuplent la science-fiction du vingtième siècle.

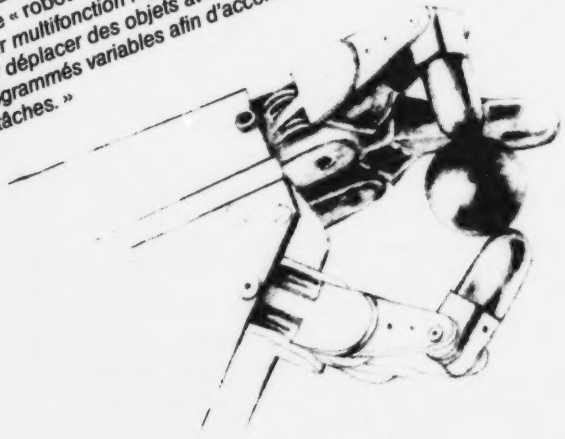
Les robots industriels actuels sont nés, pour ainsi dire, du mariage des technologies antérieures de la mécanique, de l'électricité, et de l'hydraulique, à la technologie de l'informatique. Il n'y a pas de forme ou d'anatomie consacrée pour les robots industriels dont la forme est dictée par les tâches pour lesquelles ils sont conçus.

Règle générale, le robot industriel est un bras hydraulique ou électromécanique à base pivotante commandé par ordinateur. Mais à toute règle il y a des exceptions.

Parce que les robots allient la commande par ordinateur à la manipulation flexible d'objets, ils peuvent accomplir des tâches qui dépassaient les anciennes machines industrielles. De plus, les robots ne sont pas limités à une routine de travail donnée puisqu'ils sont reprogrammables.

Les robots peuvent servir à déplacer des objets de fabrication d'un procédé au prochain. Ou, munis d'outils, ils peuvent travailler les objets de fabrication.

La Robotic Industries Association (Association des industries de la robotique) définit ainsi le terme « robot industriel » : « *un manipulateur multifonction reprogrammable conçu pour déplacer des objets avec des gestes programmés variables afin d'accomplir diverses tâches.* »



● Des 125 robots installés à l'usine futuriste de fourgonnettes de Chrysler Canada à Windsor (Ontario), quelque 112 servent à la soudure des châssis des véhicules.

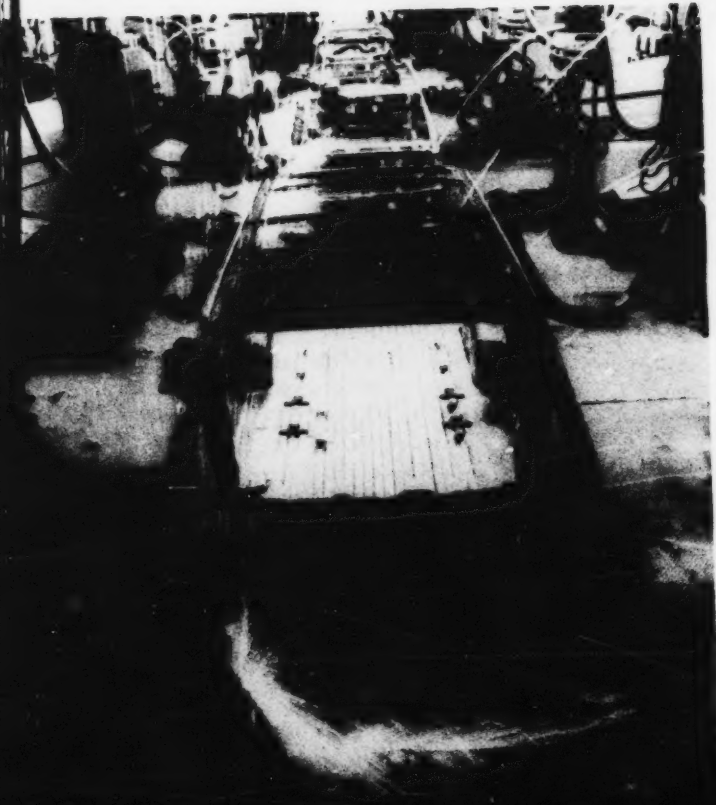
L'industrie automobile emploie 70 pour cent des quelque 1300 robots au Canada—elle en employait 90 pour cent en 1977. La plupart de ces robots sont affectés à la soudure par points, à la peinture ou à la tôlerie. D'autres applications majeures sont la manutention de pièces et de matériaux et des tâches telles que le chargement et le déchargement des machines.

Au cours des trois dernières années, les autres industries manufacturières, particulièrement celle de l'électronique, ont installé plus de robots que l'industrie automobile. Entre un tiers et la moitié des industries manufacturières utilisent la méthode de production par lots et ce sont elles qui profiteront le plus des robots.

Pour robots seulement

Les robots actuels sont souvent aveugles et répètent docilement les séquences de mouvements pour lesquels ils sont programmés. Parfois, un « maître » humain leur enseigne les routines de mouvements en guidant le bras lors d'une séquence initiale que la machine répète alors inlassablement. Mais même ces robots simples peuvent accomplir une surprenante variété de tâches industrielles.

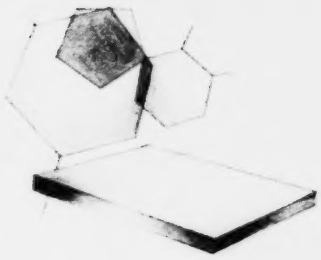
À certains égards, les robots sont mieux adaptés au milieu de l'usine moderne que les humains. La répétition leur va à merveille, ils sont à l'épreuve de l'ennui, de la fatigue et des distractions. On peut les construire pour qu'ils résistent aux milieux et aux procédés les plus durs : des niveaux de chaleur, de bruit, de poussière ou de vapeur qui seraient insupportables pour des ouvriers humains. Peu d'humains peuvent égaler la régularité de leur performance et leur précision. Au besoin, les robots peuvent travailler sans pause 24 heures sur 24, 365 jours par année.



À cause de ces qualités, les robots ont remplacé les humains surtout pour les tâches industrielles les plus dangereuses ou désagréables. Les coûts en capitaux élevés et la sophistication limitée de la première génération de machines ont entravé l'introduction universelle des robots. On estime que les robots de la première génération n'auraient pu accomplir que trois pour cent de tout le travail industriel. La génération de robots suivante, qu'on introduit présentement, est décidément plus sophistiquée. Ces machines tenteront de s'approprier une plus grande part du travail industriel et envahiront des domaines comme le travail d'assemblage et divers autres domaines de travail spécialisé et semi-spécialisé.

- Un système de vision machine développé par Diffracto Ltd. de Windsor (Ontario) transmet de l'information continue sur la position de pièces machines et permet ainsi aux robots de choisir n'importe quelle au besoin.

Les principaux facteurs derrière cette poussée de la robotique sont la chute précipitée des coûts d'intelligence machine et les nouveaux développements en vision machine et en création de logiciels. Les systèmes de vision, comme le système de Diffracto, permettent aux robots d'accomplir des tâches plus complexes et plus variées; les nouveaux logiciels leur permettent de façon limitée de « prendre des décisions » sans intervention humaine.



De la science-fiction à la friction ouvrière ?

Pour bien juger de la puissance accrue de la deuxième génération de robots, on n'a qu'à penser au nombre d'emplois qu'ils font disparaître. Selon une étude ouest-allemande, toute installation de robot de la deuxième génération occasionne la perte de cinq à dix emplois, alors que le taux d'emplois perdus était de 2,5 pour les machines de la première génération.

La robotique offre aussi des occasions. Une compagnie canadienne, Clay-Mill Technical Systems de Windsor (Ontario), développe un système d'assemblage automobile robotique avec vision machine pour l'assemblage des portes, des portes de coffres et des pare-chocs avant des voitures. La compagnie a déjà reçu une commande de General Motors de l'ordre de dix millions de dollars en plus d'un total de cinq millions de dollars d'autres compagnies.

Les miroirs de la fortune

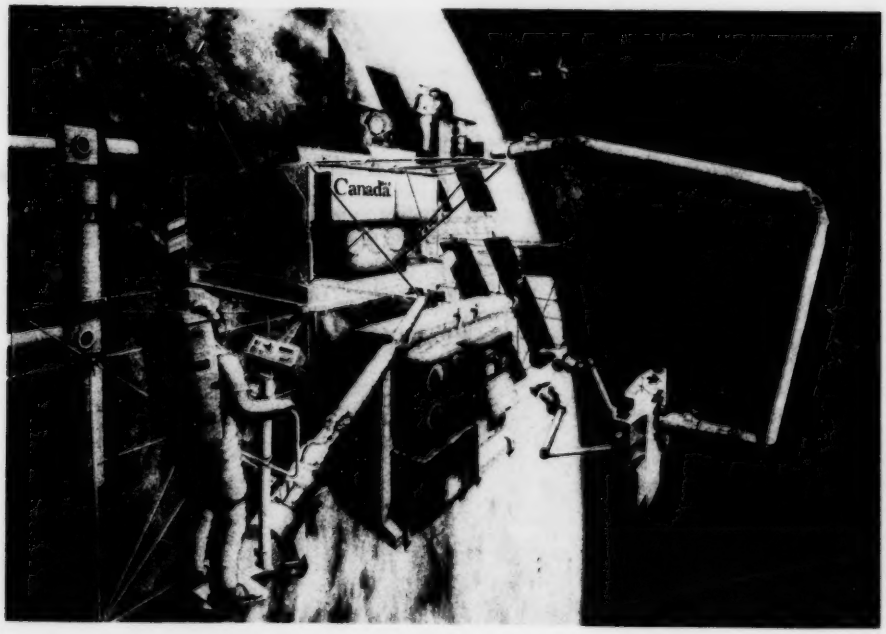
D'ici 1995, on s'attend à ce que 60 pour cent des robots soient dotés de vision machine et d'autres dispositifs sensoriels. Le Canada jouit déjà d'une position de chef de file dans ces domaines. Prenons l'exemple du renommé Canadarm, le bras robot développé par le Canada pour le programme de navettes spatiales des États-Unis. Dans un avenir proche, la technologie Canadarm sous-tendra une base spatiale permanente de services avec son personnel.

Le Canada consacrera 800 millions de dollars à cette base au cours des 15 prochaines années. Spar Aerospace de Toronto sera le maître d'oeuvre et six autres sociétés canadiennes figureront au nombre des principaux sous-traitants. La base spatiale de services devrait stimuler des sous-produits dans des domaines tels la robotique et l'intelligence machine qui, d'ici l'an 2000, rapporteraient 5 milliards de dollars à l'économie et créeraient 80 000 années-personnes de travail. La technologie Canadarm se découvre aussi d'autres vocations telles l'exploitation minière et l'exploration hauturière.

La quasi-totalité des systèmes robotiques industriels utilisés présentement au Canada sont importés d'Europe, du Japon ou des États-Unis. Les experts croient que le Canada ne peut pas rattraper l'avance de ces pays. Les usines japonaises comptent déjà plus de 27 000 robots industriels. Les robots japonais se sont déjà taillés une place dans les opérations d'assemblage délicates telles la fabrication de magnétoscopes. Les États-Unis comptent maintenant 15 000 robots. Le Japon et les États-Unis ont soutenu le développement de la robotique en subventionnant grandement la recherche dans le domaine.

Cependant, le matériel n'est responsable que de 25 pour cent des coûts d'installation de systèmes robotiques. L'élaboration de systèmes et de logiciels robotiques offre donc beaucoup de possibilités. Le nombre accru de robots crée un besoin pressant de logiciels permettant aux robots de communiquer et de travailler ensemble. Le Canada—déjà un chef de file dans le domaine des communications—peut se servir de ses connaissances des logiciels de communication pour développer des systèmes de communications internes pour les robots.

L'universalisation de la robotique pourrait se réaliser d'ici quelques années. L'utilisation de robots forcera la société à trouver une façon productive de canaliser nos ressources humaines.



La production informatisée :
le contrôle automatique des usines

● *« L'usine automatique est comme le Saint Graal—on s'en approche mais on l'atteint jamais. »* Philippe Villers, président, Automatix Inc. (É.-U.)

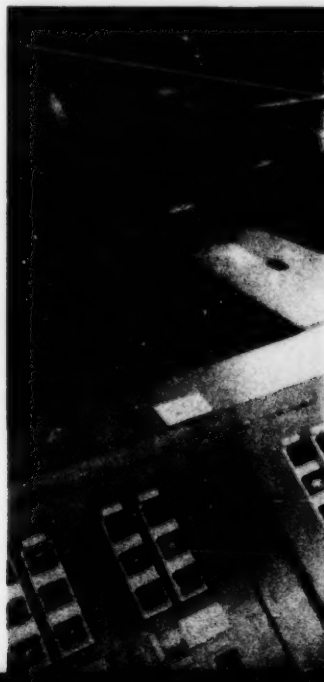
Les logiciels assurent les postes de nuit

La scène : Une « usine de l'avenir » exemplaire à minuit. De l'intérieur proviennent des bruits de machines en marche produisant des pièces d'outils et de robots. Les plateaux de pièces finies sont automatiquement empilés et envoyés aux services d'emballage et de distribution. Des microprocesseurs partout dans l'usine transmettent nombre de détails sur la production à l'ordinateur central. L'usine fonctionne sans humains pendant la rotation de nuit. Aucun éclairage pendant la nuit.

Tout d'un coup les détecteurs informatiques décèlent une défaillance dans un des outils automatiques. Dans l'espace de quelque millisecondes toute la production s'arrête dans cette « cellule » ou lieu de travail. L'ordinateur central appelle les techniciens de garde pour qu'ils viennent faire des réparations. Les fournisseurs et l'administration centrale sont mis au courant automatiquement de tout changement au calendrier de production occasionné par l'arrêt.

Il s'agit d'une usine complètement automatisée qui n'existe en général que dans les rêves des patrons et les cauchemars des ouvriers. Présentement, il n'y a que quelques centaines d'usines complètement automatisées dans le monde. Et la plupart des experts croient que, pour le moment, l'usine de l'avenir demeurera un rêve d'avenir. Les coûts d'installation sont très élevés et leur récupération trop incertaine.

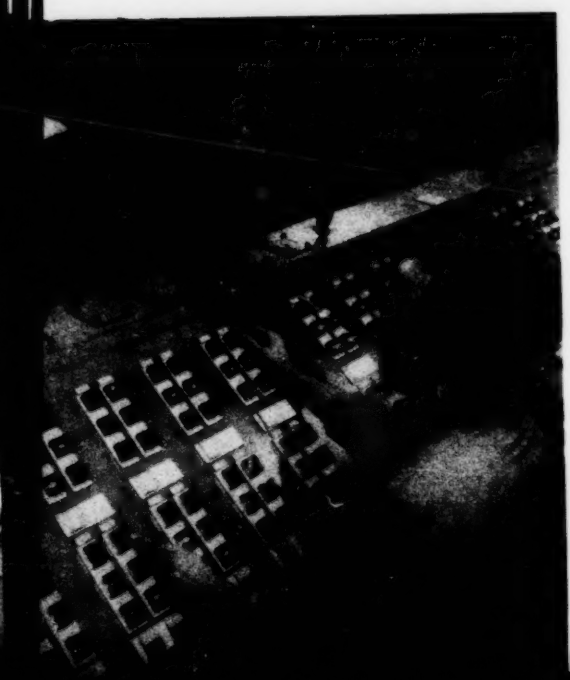
Mais les ordinateurs, les liaisons de transmission de données, les robots industriels et la machinerie automatique prennent une place de plus en plus grande dans la production industrielle. Ce faisant, ils inspirent une nouvelle façon de voir la fabrication.



La production informatisée

Par « production informatisée » (PI) on entend l'usine complètement informatisée où un ordinateur central voit à l'intégration et au contrôle de toute une gamme de procédés de production—de la conception, en passant par l'évaluation et la fabrication, jusqu'à la comptabilité, le contrôle des inventaires et autres fonctions administratives—et tout cela avec un minimum d'interventions manuelles. On obtient ainsi un maximum de coordination et de communication entre tous les éléments du système.

La nouvelle usine se passe de papier. Le partage de l'information se fait par transmission entre terminaux. De plus, la nouvelle usine est réduite au nécessaire, plus besoin de dépôts de pièces. Maintenant, les fournisseurs, qui sont reliés à la base de données du producteur, livrent les pièces à point ou les machines en fabriquent au besoin comme dans la fabrication de pièces au point d'assemblage.



Ce mode de production informatisée est plus flexible; les robots et d'autre équipement commandé par ordinateur forment des « cellules » de production. Les cellules s'adaptent rapidement aux nouveaux besoins de production, échangent de l'information et acceptent les nouvelles conceptions et méthodes de fonctionnement téléchargées par l'ordinateur central.

- Les planificateurs de l'usine General Motors à Hamtramck (Michigan) croient pouvoir réduire le temps dont une cellule a besoin pour changer d'un modèle à un autre de trois jours à dix minutes.

Dès qu'elles sont mises en forme, les données concernant la conception et la fabrication peuvent être transmises du poste de travail du concepteur aux machines-outils automatiques qui fabriquent l'objet ou la pièce. Des détecteurs électroniques et des systèmes de vision machine assurent l'inspection finale automatisée.

Des systèmes d'identification comme un simple code à barres assurent l'enregistrement des antécédents de production du produit même après sa livraison. Les données enregistrées lors de la conception et de la fabrication d'un produit permettent de retracer le système de production pour découvrir la source du problème lorsqu'un produit est renvoyé pour des réparations.

Dans la nouvelle usine la qualité découle de l'exactitude des mesures et de la précision de commande obtenues avec des machines informatisées et une amélioration des communications. La productivité peut monter en flèche : en théorie les robots industriels peuvent travailler toutes les 8760 heures d'une année.

- Chrysler Canada a consacré 750 000 heures à former son personnel à l'exploitation du nouvel équipement à l'usine de Windsor (Ontario).

Au cours de l'été 1983, des bouteurs ont commencé à sortir l'ancien équipement d'assemblage de l'usine de Windsor en le poussant par des trous pratiqués dans les murs. Après avoir dépensé 16 semaines et 400 millions de dollars, Chrysler a pu ramener sa main-d'oeuvre qui se joignait aux 125 nouveaux robots dans une usine complètement repensée et informatisée. La productivité a augmenté de 20 unités l'heure sans augmentation du personnel; pour obtenir une telle productivité avec l'ancien équipement il aurait fallu de 600 à 700 ouvriers de plus. On garde des dépôts de pièces suffisants pour de quatre à huit heures de travail et non plus pour quatre jours. Dans cette usine, somme toute, Chrysler s'attend à couper 2500 $ du coût de production d'un nouveau véhicule. Le niveau de qualité obtenu de cette chaîne d'assemblage de fourgonnettes, longue de 18 km, est le meilleur dans l'histoire de la compagnie.

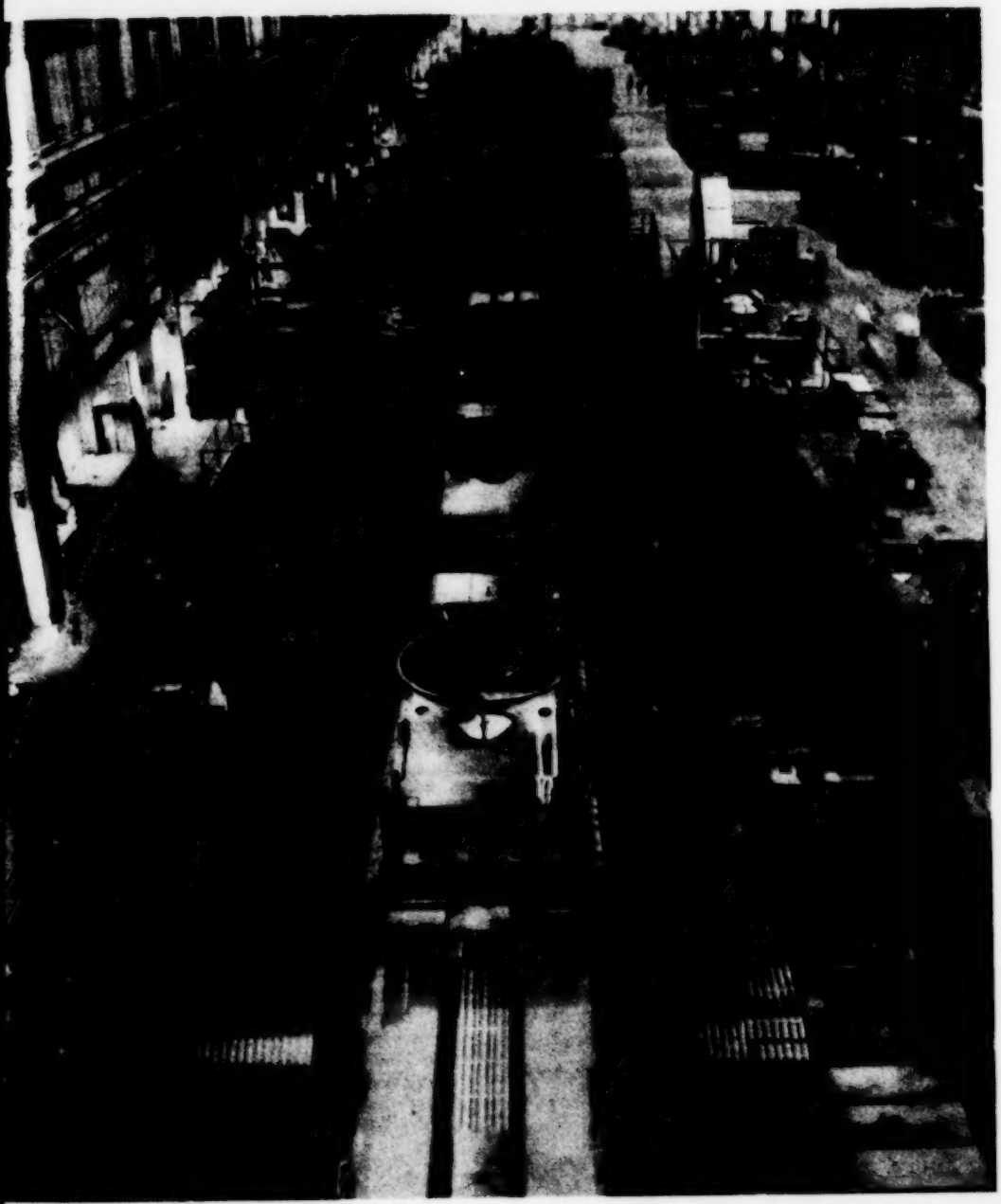
- General Motors du Canada a l'intention de dépenser 2 milliards de dollars pour repenser ses deux usines d'assemblage d'automobiles à Oshawa (Ontario). Oshawa deviendrait alors le plus grand complexe de production de véhicules en Amérique du Nord.

Quand le nouvel « autoplex » d'Oshawa ouvrira de nouveau ses portes, il y manquera un élément clé de la fabrication en série traditionnelle : la chaîne d'assemblage. Elle sera remplacée par des véhicules automatiques téléguidés qui transporteront les automobiles aux divers postes de travail du processus d'assemblage. L'usine, conçue pour être un système de production pleinement intégré et synchronisé, devrait augmenter la production annuelle d'automobiles de 20 pour cent. Selon un analyste américain de l'industrie, le Canada dépasserait alors le Japon en technologie d'industrie automobile.

Les logiciels s'entendent

Deux développements récents pourraient présager l'adoption universelle de la PI par le secteur manufacturier, soit les logiciels de compatibilité et d'entente. Les logiciels de compatibilité permettent le transfert de programmes entre les ordinateurs qui étaient incompatibles auparavant; les logiciels d'entente permettent non seulement le dialogue entre les ordinateurs incompatibles mais aussi entre ces ordinateurs et les machines et robots à commandes numériques qui font le travail. L'adoption plus universelle du Manufacturing Automation Protocol (Protocole d'automatisation de la fabrication) veut dire que, pour certaines applications, les systèmes intégrés d'ordinateurs et de machines industrielles seront disponibles en version « clés à la main » pour ainsi dire.

Comme pendant aux nouveaux gains de productivité il y aura des modifications du travail : la semaine de travail réduite, l'emploi partagé, de nouveaux systèmes de récompense...Mais, les gains de productivité signifient beaucoup plus que des modifications qualitatives du travail, ils signifient surtout une place sur le marché international... et des emplois pour les Canadiens.



Le laser :

les faisceaux font la force

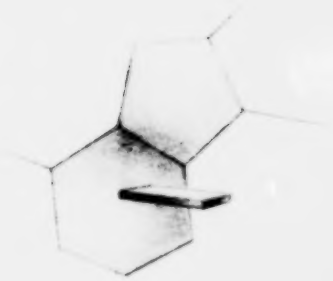
Vous tenez dans vos mains une holographie—une image transparente à trois dimensions reproduite cette fois sur une plaque de verre photosensible. Quand la plaque de verre est baignée par des faisceaux de lumière laser, elle révèle une image réaliste à trois dimensions—il s'agit d'une nature morte composée d'une théière et de trois tasses. L'holographie vous donne la même impression qu'une scène perçue à travers une fenêtre. Regardez à travers la plaque de verre et vous verrez les trois tasses et la théière. Vous pouvez voir le bec de la théière de cet angle mais non sa poignée. Vous changez de point de vue et regardez la plaque de côté pour apercevoir la poignée qu'on ne peut voir que du point de vue central.

C'est impressionnant de regarder cette image qui semble vraie. Mais pour saisir toute la différence entre une holographie et une photographie, vous devrez peut-être prendre des mesures plus radicales... Lancez la plaque sur le béton à vos pieds. Elle éclatera en mille morceaux. Prenez n'importe quel morceau et regardez à travers : vous verrez trois tasses et une théière. Mais vous avez l'impression cette fois de regarder la scène à travers un trou de serrure. L'holographie est cassée, mais chaque éclat reproduit l'image au complet. Faites la même expérience avec une photographie ordinaire déchirée en morceaux—le bout de la photo que vous tiendrez reproduira qu'un bout de l'image et non le tout.

Cette holographie a été produite à l'aide d'un *laser*, invention aussi décisive pour l'exploitation de l'énergie de la lumière que d'anciennes l'ont été pour l'exploitation de l'énergie du feu. Les lasers, inventés en 1960, existent maintenant dans une variété de formes et de formats et servent à des milliers d'applications nouvelles. Certains lasers industriels produisent une lumière extrêmement intense capable de chauffer des substances au taux de un billion (10^{18}) de degrés par seconde—plus que nécessaire pour volatiliser toute substance sur terre. D'autres produisent des rayons extraordinairement fins servant à la microchirurgie la plus délicate ou en chimie à pousser des molécules pour les réarranger.

Le mot « laser » est un acronyme anglais que le français préfère à l'expression complète : amplification de lumière par émission stimulée de radiation. Pour vous imaginer le laser le plus commun—le laser à l'hélium très couramment utilisé dans les vérificateurs automatiques de supermarchés—imaginez un tube rempli de gaz. Les deux bouts du tube sont des miroirs dont l'un réfléchit parfaitement et l'autre est légèrement transparent. Le gaz enfermé à l'intérieur émet des photons quand il est stimulé par les électrons émis par une cathode. Les photons réfléchis par les miroirs du tube stimulent l'émission d'autres photons qui se trouvent en parfait accord de phase avec les photons initiaux. On dit alors que la lumière est cohérente : elle possède une cohérence longitudinale, elle est monochromatique, et toutes les ondes sont en accord de phase. Le rayon de lumière émis se compare à une note de musique, unique, pure et puissante alors que la lumière ordinaire se compare au bruit de fond de la circulation.

Lors de l'invention du laser, il y a un quart de siècle, plusieurs scientifiques et ingénieurs l'ont traité de simple curiosité— « une solution à la recherche d'un problème ». Mais aujourd'hui, la technologie de l'électro-optique reliée au laser est en plein essor et devrait connaître un taux de croissance de 25 pour cent par année pour la prochaine décennie. Les lasers ont quitté les laboratoires où ils servent depuis des années à la mesure et aux analyses sophistiquées. On les retrouve maintenant dans les foyers, les bureaux, les usines et les ateliers d'artistes ainsi que sur les champs de bataille.

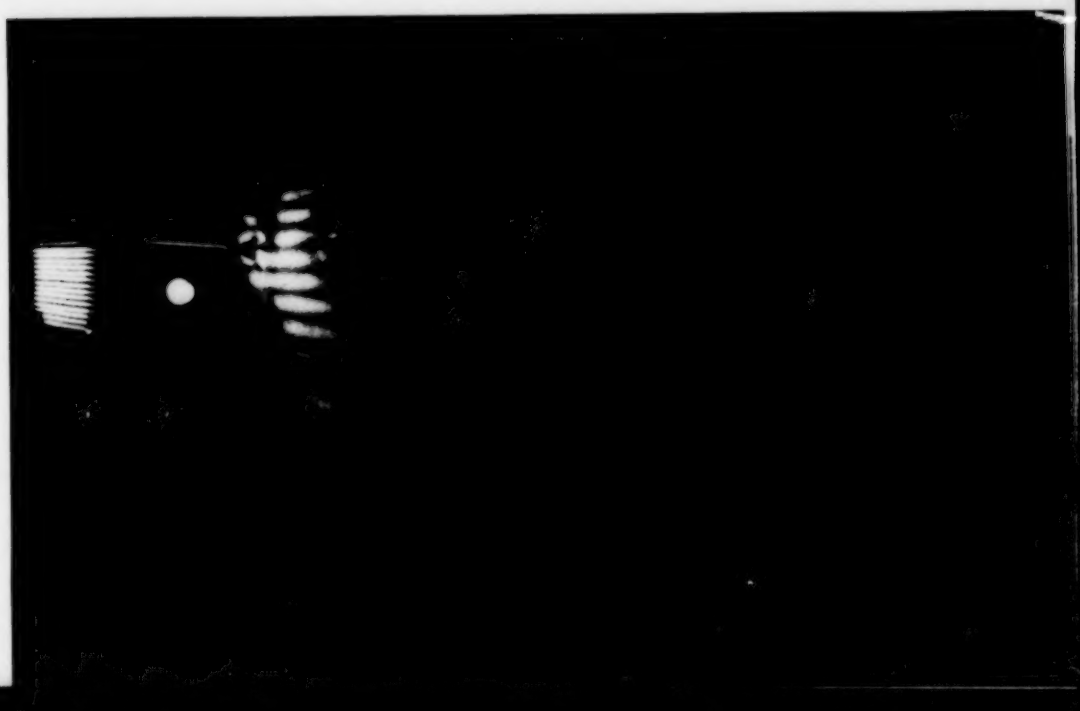


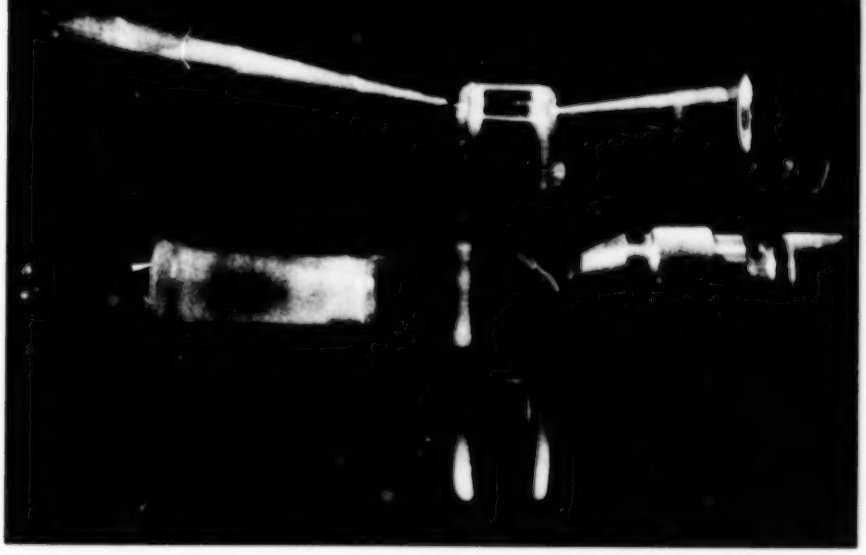
Les lasers à l'usine

- Aux États-Unis, les lasers industriels produisent des biens d'une valeur de plus de deux milliards de dollars.

Les lasers se sont avérés supérieurs aux outils traditionnels pour des centaines de travaux de fabrication. Dans le traitement des matières, les lasers à haute intensité coupent, perforent, soudent et recuisent ou détrempent les métaux avec une parfaite précision et remplacent les lames de scies, les forets et les soudeuses malcommodes. De plus, comme les lasers fonctionnent à l'électricité, il est facile de les intégrer à des processus automatiques commandés par ordinateur.

Les machines au laser prennent aussi de l'importance dans la fabrication de tissus et de matières plastiques et synthétiques. Par exemple, elles perforent les tétines de biberons, font la coupe des tailleurs, écaillent les arachides et gravent les dessins sur les rouleaux de compositeur pour les imprimer sur du papier d'emballage.





Les lasers sont en train de devenir des outils standard de l'équipement de détection, des commandes machine et des applications de calcul, de mesure et de vision machine. Les lasers alignent le bois dans des scieries et vérifient l'ajustage des portes de voitures dans des usines d'automobiles. Ces dispositifs assurent à l'industrie un niveau d'exactitude et de contrôle de la qualité jusqu'alors inconnue. Les fabricants importants exigent une meilleure qualité de leurs fournisseurs et poussent ainsi les petites usines à adopter cette nouvelle technologie. La technologie du laser est une composante intégrale de la plupart des stratégies d'automatisation industrielle. On s'attend à ce qu'elle soit un élément clé des systèmes de production intégrée (PI) de la prochaine décennie.

Les lasers ont envahi les domaines de la manutention des matières et matériaux et de l'entreposage. Grâce à de simples codes à barres et des lecteurs optiques—connus de tout le monde qui fait des emplettes aux supermarchés—on peut suivre les mouvements des pièces, des produits finis et de tout autre stock et emmagasiner cette information en mémoire d'ordinateur. On utilise la même technologie dans des bibliothèques partout au monde pour savoir où les livres sont rendus. Maintenant, toute petite entreprise qui possède un micro-ordinateur peut profiter de la technologie des codes à barres à l'aide d'un lecteur optique à main peu coûteux.

En médecine les lasers coupent douleur, coûts, temps

- Une des premières applications des lasers a été en chirurgie ophtalmologique pour la photocoagulation de rétines décollées.

On utilise couramment les lasers en médecine comme outils diagnostiques, de chirurgie et de reproduction d'images. Les scalpels au « laser » présentent les avantages de la précision et ont une densité de puissance suffisante pour volatiliser les tissus malades instantanément, en causant un minimum de trauma aux tissus sains environnants. La chaleur cautérise les tissus attenants à l'incision et le résultat est de la chirurgie sans perte de sang. Les tissus à quelques cellules de distance ne sont aucunement affectés. On peut introduire une sonde de fibre de verre dans des régions critiques de l'anatomie telles l'oeil ou l'oreille interne sans avoir à faire d'incision. Les lasers servent de plus en plus à la détection et à l'identification de cellules cancéreuses et à la destruction de tumeurs à l'aide de produits chimiques photosensibles.

Pas de semi-mesures

Les lasers à semi-conducteurs, de la grandeur d'un grain de sable, percent rapidement le marché des biens de consommation sous la forme de lecteurs de disques compacts—le premier développement important de la technologie d'emmagasinage optique à connaître du succès sous forme de produit de consommation.

Les disques compacts emmagasinent les signaux sonores sous forme de variations optiques codées numériquement. Quand on joue un disque, un microlaser dans le lecteur illumine la surface que « lit » ensuite un détecteur photoélectrique qui transforme le signal en impulsions électriques. Les disques compacts produisent un son de qualité supérieure parce qu'il n'y a aucune distorsion de signaux numériques et que le système peut transmettre plus d'information sur chaque son.

La capacité de stockage d'informations du disque laser en fait un excellent support d'information—un développement qui pourrait avoir un effet important sur la disponibilité de l'information. En théorie, toute une bibliothèque pourrait être emmagasinée sur un petit disque. Dans un domaine de recherches connexes, on examine la possibilité d'incorporer des lasers à la prochaine génération d'ordinateurs en tant que commutateurs optiques ou mémoires optiques.

En informatique, la gravure au laser des puces multipliera les fonctions assurées par chaque puce. Les lasers ont d'autres applications dans les domaines de l'informatique et de l'électronique, dont de nouveaux systèmes d'affichage, des tubes cathodiques à écran plat et des imprimantes au laser. Le rôle des lasers grandit aussi dans les technologies d'information traditionnelles. Dans l'industrie de la publication ils préparent déjà les plaques d'impression et les épreuves négatives des couleurs. On teste présentement des systèmes de reproduction d'images à haute définition pour les téléviseurs futurs.

Les forces de la lumière

Le développement du laser a également été une source d'inspiration pour les mauvais penchants de l'homme. Il existe tout un chapelet de matériel militaire, y compris les appareils de visée, les télémètres, les commandes d'avions et de missiles, les satellites de surveillance, l'équipement de vue de nuit, les indicateurs de cibles et l'équipement de navigation. Maintenant, les milieux militaires dépensent leurs énormes budgets et leur énergie considérable à la course au développement de mega-lasers qui détruiraient les missiles pénétrant l'atmosphère.

Des fils de lumière

Les lasers ont aussi permis d'importants développements dans la technologie des communications. Ainsi, dans le domaine des fibres optiques, des impulsions de lumière laser transmettent de l'information sur des fils fins de verre ultra-pur. Comme vous verrez au chapitre suivant, l'industrie canadienne des télécommunications a été un chef de file dans le développement de systèmes de fibres optiques qui remplacent les fils de cuivre traditionnels partout au monde.

Les télécommunications :
le monde tient par des fils

● *« Les obstacles aux communications que sont le temps, l'espace et l'incompatibilité de systèmes s'effacent. Les limites de l'imagination pourraient être les seules qui resteraient. »* Rapport annuel de Northern Telecom pour 1984.

Notre mythologie nationale est centrée sur une image : un peuple dispersé sur dix millions de kilomètres carrés qui maintient avec ténacité son destin commun à l'aide de chemins de fer, de fils de cuivre et, tout dernièrement, de satellites et de fils de lumière. Pour exister, il nous fallait développer une technologie des communications sophistiquée. C'est au Canada, il y a plus de cent ans, que Bell inventa le téléphone. Depuis ce temps, le Canada a gardé sa place de chef de file dans le monde des communications grâce à une série de découvertes. L'industrie des télécommunications, industrie essentielle à l'essor de la nouvelle ère de l'information, demeure le domaine de force du Canada sur les marchés technologiques internationaux.

La révolution micro-électronique des années 1970 marquait le début d'une période de changements et de développements rapides pour l'industrie des communications. Les technologies des domaines de la voix, de l'informatique, de l'imprimerie et de la reproduction d'images se sont rencontrées et ont formé des systèmes hybrides complexes. Les réseaux téléphoniques se sont mis à véhiculer de plus en plus de données informatisées. Les anciennes divisions ont commencé à s'estomper lorsque diverses entreprises se sont lancées à la poursuite du dosage de la technologie et de la commercialisation qui leur vaudrait une place au soleil de la téléinformatique.

La micro-électronique a ouvert des horizons nouveaux en télécommunications. La recherche s'accroît à un rythme effréné car dans cette industrie on est premier ou on est perdant. Northern Telecom consacrera quelque quatre milliards de dollars à la recherche entre 1985 et 1989. Et il s'agit là d'une seule compagnie.

Nombre d'entreprises hardies et non-conformistes se sont établies à l'ombre des géants de l'industrie. Elles ont profité du climat de création qui règne dans les nouvelles communautés de la haute technologie comme Kanata (Ontario), qui en est un haut lieu.

Les fruits de cette poussée d'invention ont sérieusement affecté l'industrie des communications. Il y a 30 ans, il fallait des milliers de téléphonistes pour traiter un million d'appels interurbains; maintenant quelques douzaines suffisent. De nouveaux développements technologiques comme la transmission numérique, la commutation numérique automatique, les fibres optiques et les logiciels de réseaux ont nettement amélioré la capacité et la fiabilité des réseaux de communications publics. Maintenant, ces technologies forment la base de nouveaux réseaux de « bureautique », qui intègrent les communications vocales et informatiques pour former un milieu de travail électronique intégré.

Un coup de fil

● Un circuit en cuivre peut porter 22 conversations téléphoniques à la fois; un « circuit » de fibres optiques, 8000.

Les systèmes de communications électro-optiques utilisent des impulsions de lumière laser pour transmettre des signaux sur des fils de verre ultra-pur conducteurs de lumière appelés des fibres optiques. L'industrie des télécommunications canadienne est un chef de file dans le développement des systèmes de fibres optiques, qui sont supérieurs à tous les égards aux fils de cuivre.

Les fibres optiques en verre diffèrent fondamentalement des anciennes lignes téléphoniques de cuivre. Les électrons ont été remplacés par des photons, avec pour conducteur le fibre de verre, qui permet à une ligne de communications donnée de porter une somme incroyable d'informations. Il n'y a pratiquement pas de distorsion de signaux en code numérique transmis sur des réseaux de fibres optiques. Des conversations téléphoniques, des données informatiques et des média électroniques peuvent partager une ligne de transmission sans interférence électromagnétique.

Si la caractéristique d'une technologie vraiment avancée est de produire de meilleurs résultats avec moins de matériel, les télécommunications en sont un exemple classique. Le verre des fibres optiques est fait de silice, c'est-à-dire du sable,—matière qui constitue plus de la moitié de la croûte terrestre. Un réseau de télécommunications en verre ne requiert que le tiers de l'énergie électrique utilisée par les réseaux téléphoniques traditionnels et ses exigences en capitaux et en personnel sont également moindres.

La plupart des réseaux de télécommunications au monde devraient adopter la technologie des fibres optiques au cours de la prochaine décennie, créant ainsi un marché pour les systèmes d'électro-optique d'une valeur de trois milliards de dollars. Un gros gagnant : Sasktel, une société de la Couronne en Saskatchewan, qui a entrepris au début des années 1980 la création du réseau de fibres optiques le plus long au monde. Les connaissances acquises alors devraient permettre à la nouvelle filiale de Sasktel, établie pour voir à la commercialisation mondiale de leur technologie des fibres optiques et de leur expertise dans le domaine, de réaliser d'importantes ventes internationales.

Les liaisons transocéaniques de fibres optiques devraient concurrencer les communications par satellite d'ici quelques années. Puisque les circuits en fibres optiques transmettent plus d'informations, les lignes téléphoniques résidentielles en fibres optiques pourront porter des signaux de câblodistribution ainsi que de nouveaux services informatiques. On n'a pas encore déterminé les services informatiques auxquels s'intéresse le marché. Télidon, le système public de vidéotex du Canada, qui relaie des informations sous forme de texte et d'infographie d'une banque de données centrale à un écran de visualisation, n'a pas encore réussi à capter l'intérêt des consommateurs. Les efforts du secteur privé se sont heurtés également à cette indifférence de la part des consommateurs.

La bureautique

Le bureau d'affaires moderne est un marché avide de nouveaux services de communications. L'invasion des micro-ordinateurs au début des années 1980 a rempli les bureaux de petits systèmes informatiques autonomes. Comme un nombre croissant de leur personnel adoptait les ordinateurs, les gestionnaires se sont aperçus de l'énorme potentiel en communication de ces machines, jusqu'alors négligé. Le rêve des années 1970 d'une ville branchée a cédé la place à la réalité des années 1980, le bureau branché. Les documents peuvent voyager électroniquement d'un employé à un autre sans passer par le service de courrier interne. Comme le personnel est relié par des fils, un membre peut appeler des informations sur son écran et en discuter simultanément avec un collègue par téléphone.

L'industrie des télécommunications s'attaque maintenant au problème de la liaison ou de l'intégration de tous ces ordinateurs. Les fournisseurs de matériel de télécommunications se sont vite aperçus de l'avantage de fournir des systèmes de bureautique complets, comprenant tout, du standard automatique et du réseau de communications internes, jusqu'aux terminaux de table qui combinent le téléphone et l'ordinateur. La compatibilité est le mot d'ordre. La bureautique ne pourra vraiment s'implanter que lorsque les réseaux assureront la communication entre toute une gamme d'équipements et d'ordinateurs de bureaux divers et avec de l'équipement et des ordinateurs éloignés.

Les données informatiques constituent présentement environ 25 pour cent des transmissions du réseau national de télécommunications et devraient être la source d'une bonne partie de la croissance future de l'industrie. Le secteur privé compte déjà deux réseaux de courrier électronique opérationnels qui s'ajoutent au système Intelpost de Postes Canada. Les nouveaux services permettent au propriétaire d'un micro-ordinateur d'envoyer de l'information électroniquement à d'autres abonnés du réseau. Les télécopieurs gagnent aussi en popularité : ces machines envoient des copies de matière imprimée par liaison téléphonique ou par satellite. L'édition nationale du *Globe and Mail* est préparée chaque jour à Toronto et des imprimeries locales à travers le pays en reçoivent la télécopie via satellite.

Comme l'adoption des technologies de fabrication automatisée se généralise, ce genre de téléproduction pourrait devenir pratique courante dans d'autres industries. En théorie, les instructions machine pour la fabrication de biens ou de pièces peuvent être transmises du service de conception dans une partie du globe à l'équipement de production dans une autre.

Le gouvernement et le monde des affaires sont aussi d'excellents clients pour la multitude de services de banques de données spécialisées offerts à travers le pays. Ces services donnent aux propriétaires d'ordinateurs accès à divers genres d'information, des cours de la Bourse et des nouvelles financières aux décisions judiciaires. Quoique la nouvelle technologie du disque optique pourrait bouleverser la diffusion de certaines sortes d'information en permettant aux fournisseurs de publier d'immenses banques de données à l'intention des usagers d'ordinateurs, le marché des télécommunications continuera de s'alimenter d'informations centralisées et périssables.

Le téléphone mobile

Le téléphone traditionnel a depuis longtemps célébré son centenaire mais il continue de dominer la technologie des communications. Quelque 98 pour cent des foyers canadiens ont le téléphone et les Canadiens s'en servent plus que tout autre peuple au monde. Le téléphone est devenu un outil essentiel pour le monde des affaires. Le système canadien innovateur de téléphone cellulaire a placé le réseau téléphonique dans les voitures et les camions. Les principales compagnies de transport aérien offrent maintenant des services téléphoniques en plein vol aux gens d'affaires qui ne peuvent s'en passer.

Les satellites

Depuis le lancement en 1970 du Anik A, le premier satellite de communications géostationnaire au monde, les liaisons spatiales avec les communautés isolées du Canada sont devenues communes. Des satellites à voies multiples ont permis aux populations rurales et du Nord de goûter à bien des avantages de la vie urbaine dont les spectacles, le téléenseignement, la télévision et la radiodiffusion et la télémédecine. Comme le veut la réclame à la télévision, grâce aux innovations de la technologie des télécommunications un médecin à Vancouver peut écouter battre le coeur d'un enfant au Yukon.

De nouvelles générations sophistiquées de satellites canadiens devraient accroître l'importance de l'espace dans les communications. Une découverte : le nouveau satellite mobile de communications, MSAT, permettra bientôt des communications bidirectionnelles entre n'importe quels deux points de la carte du Canada. Ce service sera surtout un outil pour assurer le bon maintien et le caractère confidentiel des transmissions vocales et de données.

La câblodiffusion est un marché de consommation canadien qui a réagi comme prévu aux nouvelles technologies des communications. La consommation des services de câblodiffusion est plus forte au Canada que partout ailleurs au monde. Plus de 80 pour cent des foyers canadiens ont accès à la câblodiffusion et plus de 50 pour cent de l'ensemble du marché est abonné à des services de câblodiffusion.

Notre savoir c'est notre pouvoir

Les technologies électroniques d'ajourd'hui créent de nouvelles occasions pour l'industrie canadienne des télécommunications. L'accent se déplace et les compagnies établies pour fournir les besoins des marchés internes se tournent vers la scène mondiale. L'appétit croissant du monde pour l'information et les atouts considérables du Canada dans le domaine des communications présagent un avenir solide pour notre principal exportation technique.

La bureautique :
l'administration accélérée

Qu'on l'appelle le « bureau de l'avenir », le « bureau automatisé » ou le « bureau intégré », il s'agit vraiment du bureau d'aujourd'hui, le milieu de travail le plus touché par la révolution de la micro-électronique. Les années 1980 ont vu et verront un changement radical dans les bureaux. D'abord, il y a eu l'adoption presque universelle des micro-ordinateurs personnels pour le traitement de textes et de données. Les machines à écrire ne seront bientôt qu'un souvenir lointain. Certains dans l'industrie prédisent la disparition éventuelle du courrier de bureau et des services de dossiers, ces dépôts à papiers.

La majorité des Canadiens actifs font présentement du travail de bureau sous une forme ou une autre. La vague du changement technologique qui déferle sur les bureaux du pays soulève de nombreuses questions concernant les bureaux, le principal milieu de travail. Comment la productivité accrue des employés de bureaux affectera-t-elle la disponibilité d'emplois ? Quelles seront les chances d'avancement des travailleurs dans le système ? Comment la bureautique affectera-t-elle la qualité de vie au travail ?

Les débuts de la mécanisation du travail de bureau remontent à l'introduction du téléphone et de la machine à écrire, il y a à peine un siècle. Par la suite, les machines et les appareils économiseurs de travail se sont amassés : copieurs, calculatrices, dictaphones, etc. Nonobstant ces innovations, le travail de bureau nécessite beaucoup de main-d'oeuvre; 85 pour cent des frais d'exploitation sont affectés aux coûts de main-d'oeuvre. Traditionnellement, on a peu investi de capitaux dans les bureaux à comparer aux montants investis dans d'autres secteurs économiques tels les secteurs manufacturier et agricole.

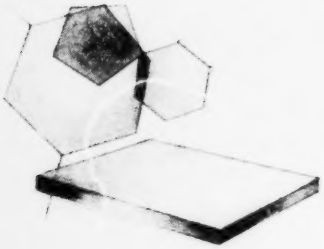
Pendant les années 1970, la productivité des bureaux du pays diminuait vraiment. Maintenant, plus de fonds sont consacrés aux bureaux pour l'acquisition de technologies d'information. Les gains de productivité possibles dans les bureaux sont énormes. La progression de l'informatisation entraîne une redéfinition du travail du col blanc.

- On a vendu 342 000 micro-ordinateurs au Canada en 1984.

Un terminal sur chaque bureau ?

La première vague de la bureautique a pris bien des organisations au dépourvu. L'apparition de micro-ordinateurs personnels abordables et la rapidité de leur adoption par des usagers inexpérimentés n'avaient strictement rien en commun avec le monde des gros ordinateurs et des divisions spécialisées de traitement des données.

Les compagnies ont donc fait leurs premiers achats de petits ordinateurs avec plus d'enthousiasme que de planification. Au début des années 1980, on s'est lancé de façon effrénée dans l'acquisition d'ordinateurs. Résultat : on a sur les bras une multitude d'ordinateurs autonomes qui sont incapables ou presque de communiquer avec d'autres ordinateurs ou avec le personnel. La révolution de la micro-électronique représente un progrès considérable car elle a universalisé les avantages du travail informatique comme le traitement de texte, la gestion de banque de données et l'analyse de tableaux financiers. Mais seule l'intégration permettra de réaliser pleinement le potentiel de cette nouvelle technologie : il s'agit de relier tous les ordinateurs d'une organisation pour créer un milieu de travail électronique intégré afin de profiter pleinement du pouvoir de communication des ordinateurs.



L'administration centrale n'est qu'un état d'esprit

L'intégration des technologies de l'informatique et des communications change le contexte du travail de bureau. Toute personne reliée au système a, à sa disposition, toute l'information de l'organisation. Les opérations courantes telles les commandes, la facturation, la paie et le contrôle de l'inventaire sont complètement informatisées. Parce qu'il est relié par ordinateur aux fournisseurs et aux clients, le gestionnaire possède une image actuelle et « en temps réel » de la performance de l'organisation. Grâce au courrier électronique et à la transmission de documents, on réalise l'informatisation de la paperasserie aussi. Les documents et les décisions qui doivent être examinés ou approuvés par divers membres de l'organisation peuvent être acheminés automatiquement aux bons postes de travail, ce qui accélère le processus de prise de décision.

Le bureau sans papiers et autres fantasmes

Les postes et les compétences se fondent les uns dans les autres dans les bureaux électroniques. Les cadres doivent apprendre à se servir du clavier omniprésent non seulement pour avoir accès à l'information de la compagnie mais aussi pour rédiger leurs rapports et pour communiquer avec les autres employés reliés au système. Certaines compagnies, voulant s'assurer qu'on utilise pleinement le matériel électronique dont elles se sont dotées, font des coupures dans le personnel de soutien et forcent les gestionnaires à s'occuper de leur propre correspondance. Cette tendance soulève des questions alarmantes concernant l'avenir à long terme du métier de secrétaire, qui est traditionnellement une des principales entrées des femmes sur le marché du travail.

Même sans changement fondamental des procédures de bureau, le marché du travail pour les commis et les secrétaires pourrait diminuer en raison des gains de productivité réalisés quand un petit nombre de travailleurs peuvent accomplir encore plus de travail.

Récemment on prédisait dans un rapport que de 25 à 30 pour cent du travail de bureau pourrait être complètement automatisé. Mais jusqu'ici, la nouvelle technologie ne semble pas avoir causé une diminution générale du personnel de bureau, en partie à cause des nouveaux besoins qu'elle a créés et des nouveaux services mis sur pied pour y répondre.

En effet, les innovations en micro-électronique se poursuivent à un rythme qui continue de faire fi des prédictions. Il y a quelques années, la prédiction d'un bureau sans papier donnait des cauchemars à l'industrie de la papeterie. En fin de compte, la prolifération de micro-ordinateurs et d'imprimantes a augmenté les besoins en papier des bureaux au Canada. Les fournisseurs font des affaires d'or. De même, la nouvelle technologie de l'information a créé une nouvelle demande pour l'information en permettant aux organisations d'obtenir et de traiter plus d'information. Dans l'équation de la bureautique et de l'emploi, la variable est la relation finale entre l'offre d'information et la demande.

Les experts en bureautique du Canada

- En 1974, AES Data de Montréal a créé une des premières machines de traitement de texte au monde.

Plusieurs compagnies canadiennes ont acquis de l'expertise en bureautique grâce à des initiatives comme le Programme de la bureautique du ministère des Communications, un programme de 12,5 millions de dollars en vigueur de 1980 à 1985. Le programme devait tester des systèmes intégrés de bureau dans cinq milieux différents. On a relié divers postes de travail conçus pour toute une gamme de tâches dont le traitement de textes, la messagerie électronique, l'analyse, l'utilisation collective de documents, la téléconférence et autres, par des essais de liaisons de diverses configurations. Dans certains essais, on a relié l'administration centrale et des bureaux éloignés; dans d'autres, on a relié des postes de travail dans une même place.

Quoique les tests ont démontré les nombreux avantages des systèmes intégrés du point de vue de la productivité (par exemple, les travailleurs sur le terrain ont signalé qu'ils se sentaient plus près de l'administration centrale quand il y avait un accès immédiat via ordinateur), ils ont également souligné l'importance de faciliter l'étude de la technologie et de fournir une formation adéquate. Mais les systèmes, qui ne tiennent pas leurs promesses ou qui imposent de longs délais aux utilisateurs partageant des ressources sont vite abandonnées.

Malgré le succès de ces essais détaillés, la plupart des bureaux adoptent l'automatisation « petit à petit ». Deux compagnies canadiennes offrent un service de courrier électronique national dont l'accès se fait par micro-ordinateur. Il existe des douzaines de services commerciaux de banques de données pour satisfaire la demande de diverses informations spécialisées. De nouvelles technologies, comme le lecteur de disques optiques, pourraient très prochainement mettre des volumes d'information publiés à la portée du micro-ordinateur et ouvrir la porte au « traitement de connaissances » et au « traitement d'images » par micro-ordinateur.

Les p'tits binons experts

Avec le progrès de l'informatisation, de nouveaux développements en intelligence artificielle feront entrer en jeu un discernement et un jugement experts informatisés. Voici un exemple : un commis de compagnie d'assurance reçoit une demande de police d'un agent pour assurer la nouvelle usine d'un client. Il appelle un programme de système expert de tarification à son poste de travail, il entre en mémoire le nom de l'agent. Le système se base sur la performance antérieure de l'agent pour évaluer la fiabilité de ses informations sur la nouvelle installation. Ensuite le commis entre en mémoire des renseignements sur l'usine même : où elle est située, la construction de l'édifice, les matières et matériaux dont on se servira là et qu'on y entreposera, etc. Le système expert utilise l'information pour poser des questions pertinentes au commis. Quand l'ordinateur possède toute l'information nécessaire, il arrive à une décision sur la police, tout comme le ferait un tarificateur expert.

Prêt ou non

La bureautique, comme d'autres nouvelles technologies hautement productives, peut présenter un sérieux défi à la sagesse sociale du Canada. On ne sait pas encore si les bureaux au pays vivent l'évolution ou la révolution technologique. Mais l'appétit mondial de technologies d'intégration d'informatique représente un nouveau marché pour le savoir canadien, un marché à peine touché. Comme l'expertise est déjà bien établie au Canada, on s'attend à ce que les systèmes pour faciliter l'intégration de ressources informatiques deviennent une technologie d'exportation clé et une entrée, dans les années à venir, aux vastes marchés mondiaux.

Les matières de pointe :

l'ère du métal tire à sa fin

- Un bolide de course d'essai roule à tombeau ouvert autour de la piste. Le moteur de 2 litres produit 318 chevaux-vapeur à sa vitesse maximale de 9500 tours-minute. Le moteur ultra-léger est fait d'un nouveau thermoplastique moulé par injection.

- Lors d'une enquête récente menée par l'Association des manufacturiers canadiens, les répondants ont coté la technique des *nouvelles matières industrielles* comme la plus intéressante des nouvelles techniques.

Au début de cette décennie, les plastiques ont remplacé les métaux, au troisième rang des matériaux industriels communs, après le bois et le béton. Maintenant, il y a une nouvelle génération de matières plastiques et synthétiques prête à modifier la composition matérielle d'un nombre croissant de produits industriels et à en révolutionner la conception et la fabrication.

Les plus : résistance, légèreté, rapidité de fabrication, modicité de prix

Les progrès réalisés en science des matériaux ont donné de nouveaux matériaux capables de remplacer les métaux et les autres matériaux traditionnels dans un nombre croissant d'applications et de marchés. Ces matériaux plus légers, très résistants et faciles à façonner libèrent les ingénieurs et concepteurs industriels de diverses contraintes et leur offrent une variété de possibilités nouvelles. De semblables progrès dans les techniques de fabrication assureront l'introduction des techniques de production de plastiques hautement automatisées dans l'industrie lourde.

La révolution tranquille gagne le monde matériel

- Des 13 derniers prix Nobel en physique, six ont été décernés à des savants en science des matériaux.

Quoique plusieurs considèrent la révolution de la micro-électronique comme « la vedette » de la haute technologie, les découvertes en science des matériaux devraient marquer les industries et les marchés de l'emploi traditionnels tout autant.

Les matériaux qui forment l'avant-garde de cette révolution tranquille nous semblent plutôt communs : les plastiques complexes et les polymères se trouvent partout depuis les années 1950. Les produits en céramique (terre cuite) existent depuis les débuts de la civilisation humaine. L'élément nouveau est notre capacité grandissante d'étudier, de créer des modèles de la microstructure des matières et de les modifier afin de les doter des caractéristiques de performance voulues. Les composés hybrides améliorent la résistance mécanique et les autres propriétés des matières et en multiplient les applications possibles.

Les nouveaux composés— au travail et au jeu

Les nouveaux composés sont formés par la combinaison de deux matières différentes ou plus dans le but d'obtenir une performance améliorée et d'en réduire les coûts. Un exemple bien connu est le béton armé.

Les composés d'aujourd'hui sont formés par la combinaison de résines plastiques et de fibres synthétiques ultra-fortes, comme le Kevlar ou le graphite, souvent avec du fibre de verre moins coûteux. D'autres méthodes utilisent des « fibres » de métal ou des « armatures » chargées ou remplies de talc ou de mica.

Des composés avancés, développés d'abord pour des applications militaires et aérospatiales, sont utilisés maintenant pour bien des applications civiles. Les aéronefs Dash 7 et Dash 8 de De Havilland et Challenger de Canadair utilisent des composés à armatures de fibres pour les infrastructures des cellules d'avions où le rapport de la résistance mécanique à la masse volumique des composés permet d'augmenter la charge utile et de réduire la distance nécessaire pour le décollage.

Aujourd'hui les composés jouent un plus grand rôle dans tout le secteur du transport en commun; on en trouve dans les wagons de train légers, les coques de bateau et les véhicules de transport urbain.

Les composés de la première génération—le polyester et les résines époxydes avec fibres de verre—ont rapidement dominé l'industrie des bateaux de plaisance mettant pratiquement fin à la construction de bateaux de bois. Les marchés des loisirs ont adopté la génération des composés avancés avec une égale rapidité; elle sert à faire des canoës et des kayaks qui sont pratiquement indestructibles, des mâts et des coques de voiliers ultra-résistants, même des pagaies et des raquettes de squash. Les composés s'introduisent maintenant dans l'industrie automobile, quoiqu'il est difficile d'automatiser les procédés en question ou de les adapter aux cadences de la production industrielle.

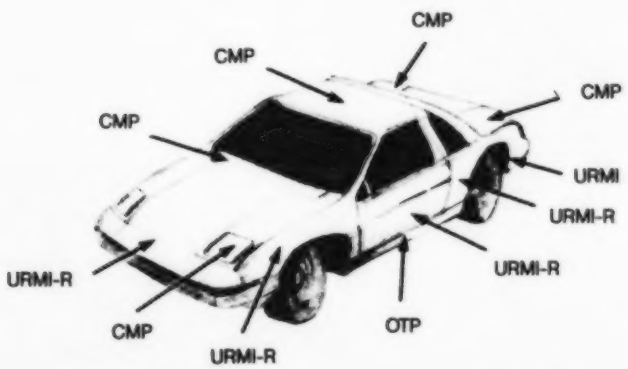
Les plastiques industriels— l'industrie lourde perd du poids

Selon les prévisions de l'industrie, d'ici 1990, 30 pour cent du poids de la voiture nord-américaine moyenne sera formé de plastiques qui remplaceront l'acier dans toute une gamme d'applications automobiles. Des sections de carrosserie en plastique, comme celles dont General Motors se sert pour la Pontiac Fiero, deviendraient chose courante. La substitution des nouveaux matériaux devrait gagner les sièges, les dessous de la carrosserie, les réservoirs d'essence, même les ressorts.

Cela permettrait aux manufacturiers de réduire considérablement leurs coûts. Les frais d'outillage pour les plastiques sont environ la moitié de ceux pour l'acier. La nouvelle science de l'architecture moléculaire peut transformer une feuille de polyéthylène—le plastique le moins cher—en une substance aussi résistante que l'acier. Les nouvelles techniques de moulage par injection sont en train d'ouvrir la porte à la production automatisée à haute vitesse.

Les systèmes de fixation des plastiques sont très versatiles et exigent un minimum de main-d'oeuvre. Il y a la fusion des plastiques à l'aide de radiofréquences ou la liaison à l'aide d'adhésifs. Un enduit de plastique sur la carrosserie éliminera la plupart des procédés de finition. La couleur et le lustre sont intégrés à l'enduit de plastique lors du moulage. Les plastiques ont toujours été un bon isolant électrique. Maintenant les chercheurs créent des plastiques conducteurs. Et les nouveaux plastiques médicaux remplacent même des membranes du corps humain.

Le Canada possède une expertise considérable dans la production de résines plastiques. Notre industrie des plastiques rapporte 8 milliards de dollars par année. Son taux de croissance était de 13 pour cent en 1984. L'industrie des plastiques au Canada emploie présentement 100 000 ouvriers, dont plusieurs travaillent pour de plus petites entreprises. Introduire les progrès techniques dans ces entreprises est un défi que doit relever l'industrie.



CMP – composé moulé en panneau
OTP – oléfines thermoplastiques
URMI – uréthane réactif moulé par injection
URMI-R – URMI renforcé

La céramique — une technologie de l'antiquité et de l'avenir

Les céramiques techniques—soutien de l'industrie de la micro-électronique—descendent en ligne directe de la céramique ordinaire qui sert à faire des plats de terre cuite, des carreaux et des lavabos. La différence réside dans la pureté des matériaux et dans la précision de la formule et de la cuisson. Les matières de base requises pour la céramique technique abondent et coûtent peu. La recherche en micro-électronique provoque une croissance explosive des connaissances en céramique.

Les ingénieurs-céramistes parlent ouvertement du jour où les moteurs en céramique remplaceront les moteurs en métal dans les voitures et les aéronefs. Les turbomoteurs diesel ou à essence fonctionneront à des températures capables de faire fondre un moteur en métal et on obtiendra ainsi une combustion presque parfaite avec des gains de rendement de 30 pour cent. Présentement, les prototypes de moteurs en céramique sont sujets à des ruptures catastrophiques—ils se désagrègent en mille miettes. L'attrait du rapport coûts-rendement stimule la recherche.

L'expertise canadienne dans ce domaine porte surtout sur la production des matières de base et des composantes électroniques.

Les métaux se défendent

- Les fibres optiques étranglent le marché pour le fil de cuivre. Les programmes visant à remplacer le fil métallique inondent le monde et risquent de faire chuter les prix jusqu'au siècle prochain.
- Aux États-Unis, on utilise environ 1,5 million de tonnes de plastiques par année dans la fabrication de tuyaux et de raccords de plastique, remplaçant ainsi environ 5 millions de tonnes de métaux.

Étant donné la forte concurrence des matières synthétiques, les métallurgistes subventionnent la recherche en vue de rendre leurs produits compétitifs. La science des matériaux fait des progrès et développe des métaux plus légers et plus forts destinés à des marchés spécifiques. Les producteurs d'aluminium gagnent une partie de l'industrie automobile. Les nouvelles techniques de « métaux vitreux » et les systèmes d'assemblage simplifiés aideront les métaux à se défendre. Mais plusieurs industries ont cessé ou cesseront d'acheter des métaux en gros à cause des dimensions réduites de leurs produits ainsi que de la substitution. Les perspectives : dans les années à venir la prospérité sera réservée aux métallurgistes les plus créateurs.

La biotechnologie :
révolutions autour de la double hélice

● La biotechnologie : des systèmes et des organismes biologiques au service de procédés techniques et industriels.

Quoique la biotechnologie ait à peine 13 ans, des procédés et des produits nouveaux déferlent déjà des laboratoires. En effet, la gamme des applications possibles de la biotechnologie est telle que certains scientifiques l'appellent la dernière grande révolution technique du vingtième siècle.

Le tout se fonde sur une découverte—celle des molécules d'ADN. Cet élégant système de molécules codées dicte les caractéristiques de chaque cellule de chaque organisme vivant sur terre ainsi que celles des générations à venir.

Le code génétique des molécules d'ADN à double hélice recèle un langage commun à toute vie—uniforme et parfaitement spécifique. Puisque tous les organismes renferment de l'ADN et l'interprètent pareillement, ils sont essentiellement tous apparentés. Les scientifiques sont en train d'apprendre à lire ce code—afin de dresser la carte des caractéristiques de la vie végétale et animale de la terre et afin de transférer des gènes d'un organisme vivant à un autre.

La genèse industrielle

La technique industrielle de recombinaison de molécules d'ADN est née de la découverte en 1973 de la possibilité de transférer des fragments d'ADN d'une cellule à une autre pour doter l'hôte de certaines propriétés génétiques du donneur d'ADN. Des chercheurs travaillent partout au monde au transfert de propriétés génétiques cellulaires de plantes et d'animaux à des micro-organismes de culture facile tels les bactéries et les levures. Ils travaillent également à doter les organismes supérieurs de propriétés génétiques souhaitables.

Dans le domaine de la recherche, les États-Unis sont présentement au premier rang et le Japon au deuxième. Au Canada, le total des fonds consacrés à la biotechnologie en 1983-1984 était de 300 à 350 millions de dollars dont environ 40 pour cent provenait de sources fédérales. Aujourd'hui, plus de mille personnes dans plus de cent compagnies canadiennes oeuvrent dans le domaine de la biotechnologie.

L'économie canadienne est fondée sur les richesses naturelles et dans un proche avenir, la biotechnologie percera dans de nombreuses industries qui y sont essentielles. La recherche actuelle affectera les industries agricole et alimentaire, la foresterie et les produits forestiers, les produits pharmaceutiques et d'hygiène, le traitement des déchets et le contrôle de la pollution. D'ici l'an 1995, la valeur des produits canadiens de la biotechnologie dépassera 20 milliards de dollars. On a prédit que, d'ici l'an 2010, 70 pour cent du produit national brut intégrera, d'une façon ou d'une autre, les produits et les procédés de la biotechnologie.

Après la révolution industrielle — la révolution agricole

● La biotechnologie rend l'agriculture plus rentable et plus productive. Mais, selon une étude de l'Office of Technology Assessment des États-Unis, elle crée un milieu qui forcera un grand nombre de cultivateurs à abandonner l'agriculture d'ici l'an 2000.

La biotechnologie transformera sensiblement les produits de l'industrie agricole. La micropropagation et le génie génétique ont déjà amélioré les méthodes traditionnelles de reproduction visant la production de lignées végétales plus résistantes et plus productives. Ils permettent également aux scientifiques de doter les plantes agricoles de propriétés génétiques prises à des plantes non-apparentées.

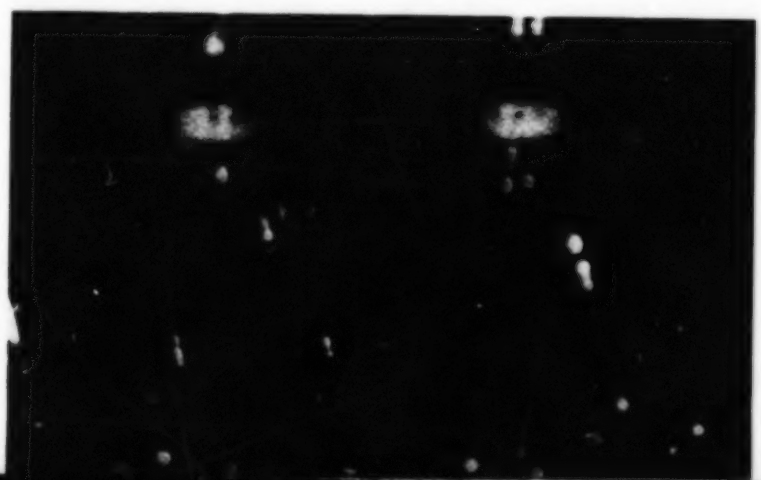
● Topate = pomate

Les plantes agricoles gagneront des propriétés de résistance au froid et à la sécheresse—ce qui changera la saison de croissance et rendra cultivables de nouvelles régions jusqu'alors marginales. On peut augmenter la capacité de photosynthèse par laquelle les plantes transforment la lumière en énergie pour obtenir de meilleures récoltes. On peut incorporer aux lignées de plantes des caractéristiques leur permettant de mieux résister aux maladies et réduire les besoins en pesticides. Les scientifiques changent les pesticides mêmes par le développement de micro-organismes pour combattre les organismes nuisibles et remplacer les agents chimiques. Que nous réserve l'avenir immédiat ?—des plantes plus vigoureuses qui promettent de donner de meilleures récoltes et d'exiger moins d'agents chimiques.

La recherche dans le domaine de la fixation de l'azote démontre bien les possibilités agricoles de la biotechnologie. Les cultivateurs du monde entier utilisent présentement 60 millions de tonnes d'engrais azotés par année. Mais quelques plantes comme la luzerne et le trèfle n'ont pas besoin d'engrais. Ces légumineuses peuvent fixer l'azote atmosphérique grâce à la symbiose avec les rhizobium, des bactéries vivant dans leurs racines. On entreprend de nombreux projets de recherche dans le but de doter d'autres espèces telles les graminées de cette capacité de fixer l'azote. L'enjeu—les 500 millions de dollars par année que dépensent les cultivateurs canadiens pour des engrais azotés et pour améliorer la terre.

Les éleveurs devraient profiter de progrès semblables dus à la recherche dans les domaines de l'élevage et des soins des animaux. Les biotechniques accélèrent rapidement les programmes de reproduction. Des technologies de pointe comme celle des anticorps monoclonaux permettront tout prochainement d'introduire toute une variété de nouveaux vaccins ainsi que des agents de diagnostic et de contrôle des maladies. Les prochaines années devraient être témoins d'une amélioration marquée de la vigueur et de la santé des troupeaux.

Les traitements biotechnologiques des bactéries naturelles qui aident la digestion du bétail et d'autres ruminants accroîtront la production de bétail tout en réduisant les besoins en aliments pour animaux. Et à l'horizon—de nouvelles hormones de croissance, de nouvelles techniques de contrôle de la fertilité chez les animaux et de nouvelles méthodes pour réduire la mortalité des animaux nouveau-nés.



Les lignées ligneuses

- « *Nous voulons produire plusieurs copies identiques d'arbres supérieurs.* »
  Dr David Dunstan, Conseil national de recherches, Institut de biotechnologie des plantes, Saskatoon.

- Une équipe de chercheurs de l'université Laval a élaboré, pour la Société d'énergie de la baie James, un plan de reboisement qui utilise des arbres inoculés de *frankia*, un micro-organisme qui fixe l'azote atmosphérique, accélérant ainsi la croissance des plantes.

La sylviculture est traditionnellement un procédé long et lent. Un arbre prend plusieurs années pour venir à maturité—pour produire sa semence ou pour montrer qu'une caractéristique désirable a effectivement été transmise à de nouvelles plantes. Des techniques de culture des cellules permettent maintenant aux chercheurs d'examiner en laboratoire des milliers de cellules d'arbres et de provoquer la croissance de ces cellules dans de nouveaux arbres.

La micropropagation en foresterie réunit des propriétés génétiques de diverses espèces d'arbres pour obtenir un meilleur taux de croissance, la résistance aux maladies ou d'autres qualités souhaitables. Des bactéries comme la *bacille thuringiensis* commencent à remplacer la pulvérisation d'agents chimiques dans la lutte contre les insectes nuisibles.

Les fervents de la biotechnologie prédisent un bel avenir pour les lignées d'arbres forestiers—une « élite » d'arbres super-grands à croissance rapide. De nouvelles lignées créées par la biotechnologie ressusciteront les réserves forestières diminuées du Canada.

Les chercheurs en foresterie étudient la possibilité d'utiliser des micro-organismes pour améliorer leurs produits et pour en convertir les déchets et résidus en de nouveaux produits. La lignine—un polymère naturel qui se trouve dans le bois—est un déchet particulièrement prometteur. Présentement, l'industrie des pâtes et papiers jette des millions de tonnes de lignine dans les rivières. La biotechnologie a poussé l'industrie à considérer ce polluant comme une ressource possible. La recherche sur la culture de micro-organismes dans de la lignine ou de la cellulose permettra à l'industrie du bois de percer de nouveaux marchés et d'agrandir ses horizons.

Les soins de santé

● Au début des années 1980, le génie génétique a réussi à produire de l'insuline humaine pour remplacer l'insuline animale dont se servent les diabétiques.

L'industrie des pharmaceutiques utilise maintenant des micro-organismes créés par le génie génétique dans la production de nombreuses substances spécialisées. Les compagnies pharmaceutiques, espérant un rendement élevé sur leurs investissements et connaissant la capacité de la biotechnologie de produire des substances pour lesquelles il n'y a pas d'autres sources pratiques, se sont lancées dans la biotechnologie. Elles introduisent plus de produits de la biotechnologie que tout autre secteur industriel.

Le champ des applications dans le domaine de la santé est énorme. La synthèse d'anticorps monoclonaux donne des réactifs diagnostics et des remèdes contre les infections virales. On crée des interférons—des inhibiteurs d'infections et de cancers—pour augmenter la résistance naturelle du corps aux maladies.

Les facteurs de la coagulation du sang produits par des micro-organismes donnent enfin de l'espoir aux hémophiles (l'hémophilie est une maladie héréditaire qui consiste en une anomalie de la coagulation). On développe de nouveaux vaccins anti-viraux synthétiques contre des maladies telles l'hépatite virale B. La nouvelle technologie permet la production plus efficace d'une multitude de substances traditionnelles allant des anticorps à la sérum-albumine.

Dans le domaine de la santé, la découverte la plus importante de la biotechnologie sera de réaliser la synthèse de vaccins contre les maladies parasitaires comme le paludisme. Des centaines de millions de personnes souffrent actuellement d'infections parasitaires mortelles.

Autres applications

Les hommes se servent de micro-organismes depuis les débuts de la civilisation. Des levures font lever le pain et changent de simples raisins en du bon vin. Les bactéries entrent dans la production de fromages et d'autres aliments dans tous les pays du monde. Aujourd'hui, il est difficile d'imaginer le monde sans ces produits. Demain, les nouveaux micro-organismes nous sembleront aussi ordinaires.

Bientôt, les micro-organismes serviront à la production de nouvelles substances pour les industries chimiques et manufacturières. On développe des bactéries spéciales pour détoxiquer les déchets industriels. On utilise déjà des agents microbiens qui digèrent les rejets d'hydrocarbures. On étudie la lixiviation microbienne de minerais concentrés ainsi que le raffinage microbien du pétrole. Une tendance de grand intérêt—la transformation des déchets en produits utiles à l'aide de micro-organismes.

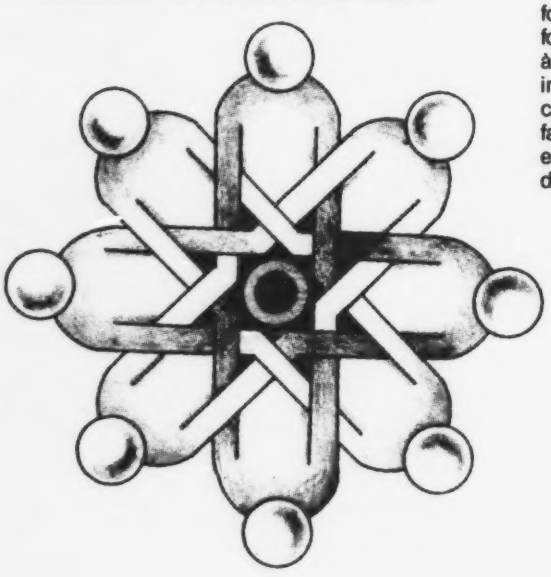
● *« Les progrès dans les biosciences offrent des occasions à saisir pour le développement industriel du Canada...Comme les applications de la biotechnologie sont plutôt nouvelles, les groupes de recherche canadiens peuvent rapidement acquérir la « masse critique » de connaissances nécessaires pour servir de base aux développements industriels. Cependant, les groupes canadiens doivent reconnaître et saisir les occasions de coopération afin de pouvoir transformer les possibilités scientifiques en réussites commerciales. »* Rapport annuel du Comité consultatif national sur la biotechnologie pour 1984.

Les technologies douces :
les nouvelles techniques d'organisation

S'il est vrai que notre productivité et notre pouvoir de concurrence sur les marchés du monde dépendent en grande partie des technologies « dures » telles la robotique et la CAO/FAO, d'autres innovations comme le développement organisationnel pourraient s'avérer également importantes.

Le contrôle statistique des procédés (CSP) : la science de la qualité

- La Court Valve Company de St. Catharines (Ontario) utilise le CSP, ce qui lui a valu la distinction d'être la première compagnie canadienne désignée comme fournisseur préféré par General Motors. Court leur a expédié trois millions et demi de pièces pour 33 diverses composantes des modèles de 1983; aucune n'a été refusée.



Dans le CSP il s'agit essentiellement d'utiliser des concepts statistiques de base pour voir à quel point un produit répond aux spécifications techniques. On fait des tests à diverses étapes de la production afin de déterminer le degré auquel le produit se conforme à diverses caractéristiques critiques telles les dimensions et le poids. Les résultats sont enregistrés et représentés sous forme de graphiques pour montrer à quel point les échantillons répondaient aux tolérances spécifiées. Ce processus du CSP peut déceler les plus légères variations et avertir les utilisateurs de problèmes possibles. Avec le temps les profils de variations peuvent changer à cause de nombreux facteurs comme la qualité des matériaux, les conditions ambiantes (chaleur, pression, etc.), la régularité de l'entretien ou la compétence de l'opérateur. Donc, en plus de montrer à quel point un produit donné se conforme aux spécifications, le CSP peut servir également d'outil de diagnostic pour prédire et corriger les défauts dans les procédés de production.

Les Japonais se sont servi du CSP pour promouvoir une approche à l'organisation du travail où la production et l'inspection se fondent ensemble plutôt que de former des fonctions distinctes et opposées. Les ouvriers à la production deviennent leurs propres inspecteurs. Dans l'industrie automobile canadienne, plus de 60 pour cent des fabricants de pièces ont fourni une formation en CSP à leurs ouvriers horaires au cours des deux dernières années.

Le CSP s'est beaucoup répandu depuis 1980 en grande partie à cause des exigences des monteurs d'automobiles qui refusent catégoriquement de faire affaire avec tout fournisseur n'utilisant pas cette technique de contrôle de la qualité. Le pourcentage de compagnies qui utilisent cette technologie est passé de sept pour cent en 1980 à 80 pour cent aujourd'hui. Les concepts statistiques de base requis par le CSP représentent un défi pour bien des ouvriers de production et des coûts de formation élevés pour la direction. C'est pourquoi l'industrie canadienne prendra un certain temps avant de profiter pleinement du CSP en dépassant l'étape d'enregistrer et d'analyser des données statistiques et les utiliser pour diagnostiquer et résoudre des problèmes.

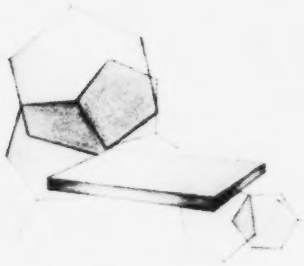
Livrez à point ou laissez tomber

● *« ...en 1980 un monteur d'automobiles avait tout probablement en stock assez de sièges pour plusieurs semaines de production. Maintenant, les monteurs peuvent prendre des livraisons horaires de sièges de la bonne couleur et de la bonne garniture pour la production du jour. La planification est telle que les sièges peuvent être déchargés du camion dans l'ordre dont on s'en servira sur la chaîne de montage. »* Rapport du Groupe de travail sur les ressources humaines dans l'industrie automobile, janvier 1986.

La livraison à point (LAP) est une approche voulant éliminer le coût d'entretenir des stocks. La réduction des stocks souligne la nécessité d'identifier les problèmes de production et de les résoudre rapidement. La réduction des stocks exige aussi le plus strict contrôle de la qualité : si on réduit les stocks au minimum (on veut les éliminer complètement) on ne peut plus se permettre de refuser une pièce. La LAP va donc évidemment de pair avec le CSP.

La souplesse accrue des méthodes de livraison permet l'adoption rapide de plus courtes séries de fabrication, ce qui exige le changement rapide, l'utilisation accrue des machines et l'amélioration de l'entretien préventif.

La LAP, tout comme le CSP, se généralise rapidement surtout dans le secteur de l'automobile. Il y a une réaction en chaîne : tout comme les monteurs ont exigé que leurs fournisseurs adoptent le CSP et la LAP, ces derniers ont tendance à exiger que leurs fournisseurs les adoptent. Le système se basera finalement sur la télé-informatique entre monteurs et fournisseurs et sur l'uniformisation des spécifications et de la terminologie au sein de l'industrie. Les spécifications techniques sur un écran de la CAO se doubleront instantanément de l'identification de fournisseurs, et des données sur la disponibilité, le coût et la date de livraison.



L'innovation organisationnelle : une assurance-efficacité

Les gens viennent de partout au monde pour visiter l'usine de produits chimiques de Shell à Sarnia (Ontario), qui est un modèle d'application des systèmes sociotechniques (SST) à la conception du milieu de travail. Shell et le syndicat local, Energy and Chemical Workers Union (Syndicat des travailleurs de l'énergie et des produits chimiques), ont travaillé ensemble à planifier et à mettre en place une conception d'usine qui tient compte des besoins et des contributions de l'homme et non seulement des besoins techniques. L'essence même des SST est l'accommodement des systèmes techniques et sociaux. Il s'agit d'une synergie où le système global est plus que la somme des parties.

Le groupe de travail semi-autonome est l'unité de base de la conception SST, dont Shell est un exemple. Un groupe ou une équipe de ce genre prend d'habitude la responsabilité de ses tâches, de sa formation technique, des heures supplémentaires et de l'embauche au sein du groupe. La rotation du personnel au sein de l'équipe permet aux membres d'apprendre à faire toutes les tâches et d'acquérir de multiples compétences dans un système où la rémunération est calculée en fonction des compétences de l'employé. Le contrôle hiérarchique cède la place à la responsabilité du groupe, ce qui encourage la coopération, la souplesse et la solution de problèmes.

Cette approche donne des résultats impressionnants. L'usine de Sarnia a des niveaux de productivité élevés, d'excellentes normes d'entretien et de contrôle de la qualité et le plus bas taux d'absentéisme de toutes les usines Shell; de plus, il y a eu très peu de griefs. La compagnie était assez heureuse des résultats à cette usine pour étendre l'approche de SST à plusieurs autres et pour incorporer le succès « sociotechnique » à sa publicité télévisée. Enfin, la conception de l'usine a eu beaucoup à voir avec le développement d'un syndicat local innovateur et très compétent.

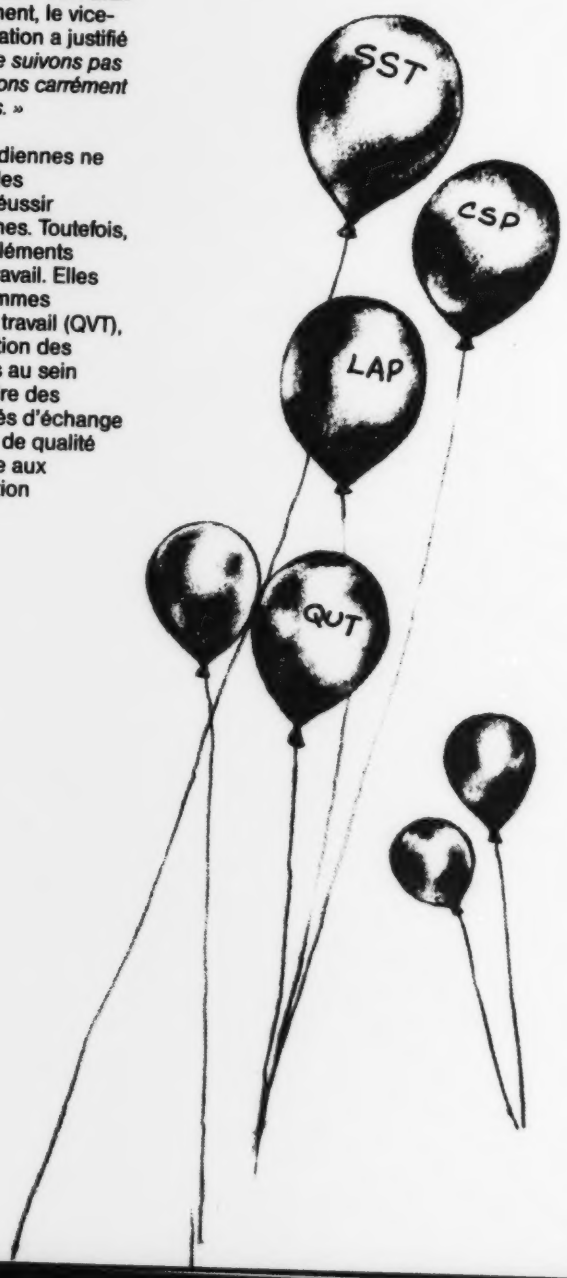
Partage des progrès et des profits

L'approche SST sous-tend aussi la méthode de prise de décision collective à l'usine renommée de General Electric du Canada à Bromont (Québec); cette méthode développe de nouvelles compétences chez le personnel et permet de déléguer l'autorité. Ce plan innovateur est remarquable aussi parce qu'il comprend un régime de partage des profits où les employés sont récompensés pour toute économie de coûts dépassant les normes établies. En 1984, chaque employé a reçu environ 1000 $ supplémentaires du régime. Le régime de partage des profits de General Electric du Canada comprend une variété de formules de rémunération fondées sur des améliorations des coûts ou de la production (appelés parfois « actions d'amélioration » ou formules « Scanlon » pour le métallurgiste qui les inventa) ou sur la participation aux bénéfices comme l'actionnariat des salariés.

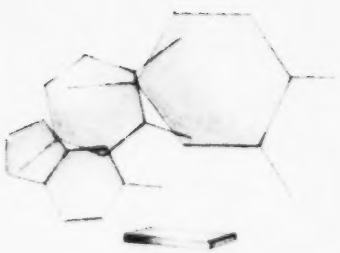
La coopération : la nouvelle règle du jeu

Shell et General Electric du Canada semblent vouloir le mariage complet de leurs systèmes sociaux et techniques. Ils ne sont pas seuls. Les nouvelles installations de Pratt and Whitney à Halifax (Nouvelle-Écosse) incorporent non seulement la technologie de pointe des systèmes souples de fabrication mais aussi un milieu de travail des plus innovateurs. Récemment, le vice-président directeur de l'exploitation a justifié l'approche ainsi : *« Si nous ne suivons pas cette voie (les SST), nous perdrons carrément la joute d'ici quatre ou cinq ans. »*

Plusieurs compagnies canadiennes ne peuvent pas suivre l'exemple des compagnies citées ci-haut et réussir l'intégration globale des systèmes. Toutefois, elles en ont introduit certains éléments innovateurs pour le milieu du travail. Elles ont mis en place divers programmes concernant la qualité de vie au travail (QVT), dont l'enrichissement et la rotation des tâches, la présence d'employés au sein d'équipes formées pour résoudre des problèmes ou au sein de comités d'échange d'information, enfin, les cercles de qualité dont la réputation est faite grâce aux fervents des techniques de gestion japonaises.



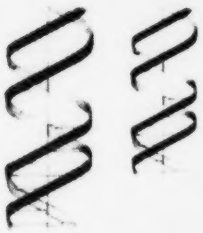
Glossaire



Les derniers mots en technologie

A

ADN — acide déoxyribonucléique—les systèmes d'information moléculaires de tout organisme vivant qui en déterminent les caractéristiques héréditaires.



affichage à cristaux liquides — un dispositif d'affichage électronique composé de cristaux liquides enfermés hermétiquement entre deux plaques de verre; pour afficher des données les cristaux passent d'un état opaque à un état de transparence.

analogique — qualifie la représentation d'information par un signal électrique dont les variations suivent celles de l'information qu'il porte (voir *numérique*).

antibiotique — substance chimique de production microbienne ou synthétique qui combat les infections.

anticorps — protéine engendrée par l'introduction dans un corps humain ou animal de substances étrangères appelées antigènes; immunise contre les maladies.

anticorps monoclonaux — anticorps homogènes dérivés d'un clone unique de cellules; ils connaissent seulement une structure chimique.

antigène — substance (généralement une protéine ou un hydrate de carbone) qui, lorsqu'elle est introduite dans le corps, stimule la production d'anticorps ou réagit avec les anticorps déjà formés; les sources d'antigènes comprennent les virus et les bactéries.

architecture — conception d'un ordinateur et de l'interaction entre le matériel et les logiciels; définit les capacités et les limites de l'ordinateur.

arsénate de gallium — matière semi-conductrice utilisée dans les diodes électroluminescentes et de plus en plus dans les puces rapides; permet un flux de courant électrique de cinq à dix fois plus rapide que ne permet le silicium; formera probablement la base de futurs systèmes de communication très rapides et d'une grande capacité.

ASCII — American Standard Code for Information Interchange (code standard américain d'échange de signaux d'information)—un code standard de l'industrie utilisé pour échanger l'information entre les machines, particulièrement entre les ordinateurs et les dispositifs périphériques.

automatisation programmable	diffère de l'automatisation traditionnelle parce qu'elle utilise les technologies de l'informatique et des communications; peut faire le traitement de texte ainsi que des tâches physiques; peut être programmée pour accomplir une variété de tâches et pour communiquer directement avec d'autres dispositifs informatisés.
autonome	état des dispositifs périphériques qui ne sont pas contrôlés par l'unité centrale.
banque de données	collection structurée d'informations connexes emmagasinée sur un support d'enregistrement (ex. disque).
base de données	voir *banque de données*.
binon	la plus petite unité d'information qui peut être emmagasinée et traitée par ordinateur; ne peut désigner que la valeur 0 ou 1 représentée par une seule impulsion d'électricité ou l'absence d'impulsion.
bioélectronique	fait d'utiliser des protéines dans des dispositifs électroniques comme des biodétecteurs et des biopuces.
biomasse	matière organique dont la croissance se fait par photosynthèse.
bioprocédé	procédé qui utilise des cellules vivantes ou leurs composantes pour obtenir les changements chimiques ou physiques souhaités.
biopuce	dispositif électronique expérimental qui fonctionne comme un circuit intégré; se sert de cellules biologiques comme cadre pour des molécules semi-conductrices.
bioréacteur	récipient dans lequel se réalisent des procédés biologiques dans des conditions contrôlées.
biotechnologie	utilisation de procédés biologiques pour fournir des biens et services.
bureau informatisé	bureau où l'on utilise des moyens informatiques pour le traitement de textes et de données, l'emmagasinage et la recherche d'information, les communications, etc.
bureautique	application aux travaux de bureau des techniques et services qui combinent les moyens de l'informatique et des télécommunications.
CAO/FAO	conception assistée par ordinateur/fabrication assistée par ordinateur—intégration de l'informatique à l'ensemble des procédés de conception et de fabrication d'un produit ou d'une usine.
carte à mémoire	genre de carte de crédit encore au stade de développement; contiendra une petite puce informatique; permettra d'emmagasiner des données tirées d'autres cartes de crédit et de déduire automatiquement les transactions de la marge de crédit; appelée aussi carte à circuits intégrés (CCI).

céramique — du grec *keramon* « argile »; comprend plusieurs matières fragiles, dures, à l'épreuve de la corrosion et de la chaleur produites par la cuisson de minerais (ex. argile) à haute température.

CI — circuit intégré—circuit semi-conducteur dont les composantes électroniques sont produites sur une fine plaquette de matière, d'habitude du silicium; appelé aussi *puce*.

cinquième génération — expression qui décrit la génération d'ordinateurs la plus sophistiquée.

circuit intégré — voir *CI*.

CN (commande numérique) — utilisation de commandes numériques pour le contrôle automatique de machines-outils et d'autre équipement de ce genre.

CNI/CND — commandes numériques informatiques/commandes numériques directes—liaison, via réseau de transmission de données, de plusieurs machines à commandes numériques à un ordinateur central de contrôle.

code — langage ou ensemble de règles que l'ordinateur peut interpréter comme des instructions.

code à barres — code qui peut être lu avec un lecteur optique; utilisé pour l'étiquetage de produits vendus au détail, de pièces de chaîne de montage et de documents de bibliothèque; l'application la plus connue est le code universel des produits.

code binaire — représentation de numéros et de caractères par des combinaisons de 0 et de 1.

code universel des produits — un code à barres qui, en vertu d'une entente internationale, fait partie de l'étiquetage de produits vendus au détail et qui sert à les identifier et les décrire; qui peut être lu par un lecteur optique au moment de l'achat; l'information codée permet de produire des reçus automatiques et d'enregistrer les transactions.

commande numérique directe — voir *CNI/CND*.

compatibilité — degré d'interchangeabilité entre divers équipements, logiciels, codes et langages.

compilateur — programme qui traduit un programme écrit en langage évolué, tel FORTRAN ou BASIC, en langage machine, c'est-à-dire en code binaire que l'ordinateur peut interpréter.

composant semi-conducteur — dispositif électronique de matière solide et sans pièce mobile; ex. transistor, puce.

connectélée — état des dispositifs périphériques en contact direct avec l'unité centrale.

courrier électronique — transmission ou diffusion de messages d'un ordinateur à un autre via une voie de télécommunications.

curseur — symbole mobile et visible indiquant sur l'écran d'affichage d'un ordinateur la position où le prochain caractère s'affichera.

DC — disque compact—genre de disque optique pour l'enregistrement de signaux auditifs.

DEL — diode électroluminescente—petit dispositif semi-conducteur de couleur qui luit quand un courant électrique passe à travers; utilisée pour affichage numérique et voyant de signalisation.

détecteur — dispositif dont les données en entrée sont des phénomènes physiques (ex. lumière, chaleur, pression) et dont les sorties lisibles sont des mesures quantitatives du phénomène donné.

diode électroluminescente — voir *DEL*.

disque — dispositif de support d'information.

disque compact — voir *DC*.

disque laser — appelé aussi disque optique.

disque optique — support d'information en haute densité qui utilise des lasers pour lire et enregistrer de l'information; ex. auditive, visuelle.

disque rigide — disque de matière rigide semblable à de la céramique et recouvert d'un enduit magnétisable; utilisé pour l'enregistrement de données informatiques.

disque souple — disque magnétique souple enfermé dans une enveloppe protectrice; utilisé avec les micro-ordinateurs pour l'enregistrement d'informations.

durée d'indisponibilité — période de temps pendant lequel le système est inutilisable à cause de travaux d'entretien ou de réparation.

E

EAO — enseignement assisté par ordinateur—application informatique où l'ordinateur sert de machine d'enseignement; l'ordinateur présente du matériel de formation, contrôle les progrès de l'élève et modifie la présentation selon les réponses.

électro-optique — discipline physique concernant la production d'effets optiques sous l'influence d'un champ électrique.

ergonomie — du grec *ergon* « travail » et *noms* « distribuer », « administrer »; adaptation du travail et des conditions de travail à l'homme.

F

facteur de coagulation — une fraction du sang qui comprend des agents de coagulation; utilisé dans le traitement de l'hémophilie (maladie héréditaire d'anomalie de la coagulation).

fibres optiques — fibre flexible très fin, d'habitude de verre pure; conducteur de signaux lumineux; peut porter plus d'informations que le fil de cuivre traditionnel.

fichier — collection d'informations connexes que l'ordinateur traite comme une seule unité.

fixation de l'azote — transformation de l'azote atmosphérique en composés chimiques nécessaires à la croissance; il n'y a qu'un nombre limité de micro-organismes capables de fixer l'azote atmosphérique.

G

génétique — discipline biologique, science de l'hérédité et des variations dans la vie animale et végétale.

génie génétique — méthodes de transformation du code héréditaire de cellules vivantes.

graphite — variété de carbone cristallisée, tendre, noire; se trouve dans la nature et peut être fabriquée artificiellement aussi; peut être utilisée pour renforcer des plastiques.

grille — disposition régulière de points sur un écran d'ordinateur qui permet de se situer.

H

holographie — création d'images à trois dimensions par l'utilisation d'une source de rayons cohérents divisés (ex. faisceaux lasers) pour enregistrer le diagramme d'interférence sur film.

hormone — substance produite par les organismes vivants et qui contrôle les processus biologiques.

I

IA — intelligence artificielle—capacité d'une machine à faire des inférences à partir d'expériences et à accomplir des tâches habituellement réservées à l'intelligence humaine; ex. résoudre des problèmes, raisonner, comprendre le langage naturel.

IAO — ingénierie assistée par ordinateur—la création et l'analyse informatisées de conceptions pour le contrôle d'erreurs, de performance et de coûts.

imprimante à laser — imprimante électrostatique ultra-rapide qui utilise un laser pour reproduire les caractères par des points d'électricité statique; les points sont traduits en caractères d'imprimés par l'utilisation de poussière métallique et de la chaleur.

informatique — ayant trait à l'information et au traitement de l'information; ayant trait aux ordinateurs.

inoculation — introduction dans un organisme animal ou végétal du germe d'une maladie pour provoquer une attaque modérée de la maladie et immuniser l'organisme.

insuline — hormone protidique sécrétée par le pancréas et qui stimule la croissance cellulaire en contrôlant le taux du sucre sanguin (une carence d'insuline entraîne la diabète); utilisée dans le traitement de la diabète.

intégration à très grande échelle — qualité d'un circuit intégré comprenant au moins 64 000 binons de mémoire.

intelligence artificielle — voir *IA*.

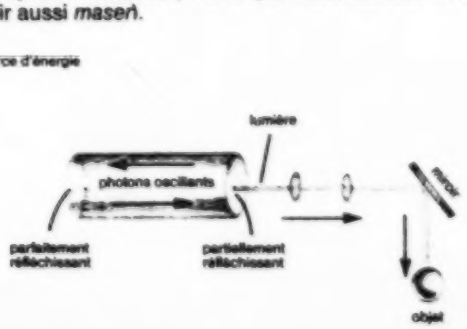
interféron — protéine cellulaire importante à l'immunisation et inhibant le développement de virus dans les cellules; utilisée pour combattre le cancer et autres maladies.

Kevlar — marque de commerce de la compagnie Du Pont; fibre aramide léger, très fort et rigide, résistant à l'extension.

langage de commande — un système expert sans base de données; un langage de commande simple ne comprend d'habitude qu'une jonction, un système d'inférence et les outils de logiciel nécessaires à l'entrée en mémoire des connaissances expertes.

langage machine — instructions que l'ordinateur peut interpréter; généralement incompréhensible pour le profane.

laser — light amplification by stimulated emission of radiation—dispositif produisant une lumière de grande intensité; la lumière laser diffère de la lumière de source traditionnelle parce qu'elle est monochromatique et cohérente (c.-à-d. que les ondes sont en accord de phase) (voir aussi *maser*).



lecteur à laser — dispositif utilisé pour lire et enregistrer des données.

lecteur optique — dispositif qui utilise des moyens optiques pour lire des données sur une carte ou un document; dispositif qui lit des éléments textuels ou graphiques et les rend en version numérique pour le traitement informatique.

logiciel — programmes d'exploitation d'un ordinateur; ils disent au matériel comment exécuter des tâches.

logiciel de compatibilité — logiciel qui permet le transfert de programmes entre ordinateurs incompatibles.

logiciel d'entente — logiciel qui permet aux ordinateurs incompatibles de communiquer entre eux ainsi qu'avec les machines à commandes numériques dans l'atelier.

M

manche à balai — levier utilisé pour contrôler les déplacements d'éléments d'affichage ou pour faire la coordination manuelle de données sur un écran d'ordinateur.

manutention des matières et matériaux — le transfert de matières et matériaux des dépôts au poste de traitement et d'un poste à un autre.

MAP — Manufacturing Automation Protocol (protocole d'automatisation de la fabrication)—la nouvelle norme de l'industrie qui permet aux robots, aux machines-outils à commandes numériques et aux véhicules automatiquement guidés de communiquer entre eux et avec l'ordinateur central par câble coaxial.

maser — microwave amplification by stimulated emission of radiation; semblable au laser, mais émet une radiation cohérente de micro-ondes.

matériel — les machines qui composent un système informatique, c.-à-d. les dispositifs mécaniques, électriques et électroniques.

mémoire — la partie de l'ordinateur où on peut introduire et enregistrer des données et d'où on peut les extraire.

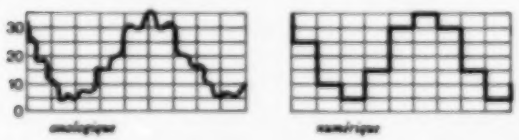
mémoire à accès sélectif — voir *mémoire vive*.

mémoire morte — puce de mémoire inaltérable contenant des instructions ou des données; sert à contrôler et à piloter les programmes machine; appelée aussi mémoire fixe, mémoire inaltérable et mémoire permanente.

mémoire tampon — zone d'emmagasinage temporaire de données que l'ordinateur ne peut pas traiter immédiatement; appelée aussi mémoire intermédiaire.

mémoire vive — mémoire principale de l'ordinateur dans laquelle on peut enregistrer des données et de laquelle on peut les extraire directement; le contenu de cette mémoire est temporaire.

menu	liste de choix d'où l'utilisateur choisit la tâche qu'il veut faire exécuter par le programme.
microbiologie	la biologie qui traite des micro-organismes et particulièrement de leurs effets sur les organismes supérieurs.
micro-électronique	discipline de l'électronique qui traite des composantes électroniques très petites.
micrométrie	discipline de la mécanique qui gagne en importance et qui exploite les propriétés mécaniques et électriques du silicium et d'autres matières comme l'arsénate de gallium et la céramique; elle a des applications de microdétecteurs—plus petits que le diamètre d'un cheveu—pour mesurer le son, la température, le débit de gaz, l'accélération, etc.
micro-onde	onde électromagnétique de très petite longueur, surtout de 1 à 100 cm.
micro-ordinateur	petit ordinateur articulé sur un microprocesseur.
micro-organisme	organisme unicellulaire microscopique; ex. bactéries, levures, virus, champignons et algues.
microprocesseur	circuit intégré unique qui est le principal élément de commande du micro-ordinateur; exécute des fonctions semblables à celles assurées par l'unité centrale d'un gros ordinateur.
micropuce	(synonyme de *puce*).
modem	modulateur-démodulateur—dispositif utilisé pour émetteur-récepteur de données numériques transmises par des lignes de télécommunications.
moulage par injection	façonnement de métaux, de plastiques ou de céramiques non plastifiées par injection de la matière dans des matrices.
noeud	le point dans un réseau de transmission de données où un élément ou plus de machine se connectent aux lignes de transmission.
numérique	représentation d'informations par un signal électrique fait d'impulsions d'unités binaires distinctes (voir *analogue*).



O

octet — groupe de binons adjacents, d'habitude huit, que l'ordinateur traite comme une seule unité d'information; utilisé comme une mesure de la capacité de mémoire du système.

optique à fibres — utilisation de la lumière ou de l'énergie photonique pour transmettre la voix, des éléments visuels ou des données par voie de fibres de verre, de silice ou de plastique fins comme des cheveux.

opto-électronique — utilisation de dispositifs pour transmettre et transformer les signaux électriques en signaux optiques ou vice-versa.

ordinateur central — ordinateur qui commande d'autres ordinateurs ou tout un réseau de communication (synonyme: ordinateur principal).

P

périphérique — dispositif qui ne fait pas partie de l'unité centrale et qui peut être relié à et commandé par un ordinateur; ex. imprimantes, traceurs, manches à balai, claviers, écrans d'infographie, unités à disques ou à ruban.

pesticide — substance utilisée pour détruire ou éloigner les insectes et autres organismes nuisibles.

petit ordinateur — ordinateur petit ou moyen; capable d'habitude d'exécuter plusieurs programmes simultanément.

photon — corpuscule, quantum d'énergie de rayonnement qui est de durée indéfinie et qui ne possède aucune masse et aucune charge électrique.

pixel — de l'anglais picture element « élément d'image »—un point sur l'écran d'affichage de l'ordinateur.

plastiques — matières formées par l'application de chaleur, de pression ou des deux; la plupart des matières ont plus ou moins de plasticité avant l'étape finale de fabrication.

plastiques stratifiés — matériaux créés par la fusion d'une matière dans une autre pour en contrôler la force, la rigidité et d'autres facteurs.

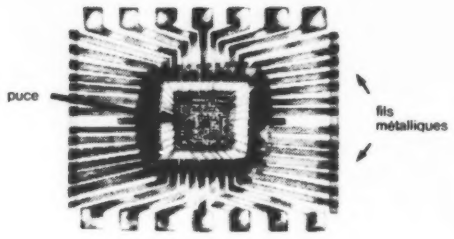
polymère — substance composée de grandes molécules formées par la fusion de plusieurs molécules simples partageant un lien chimique; les polymères naturels comprennent la cellulose et les protéines; les plastiques, le verre et le béton sont des polymères synthétiques.

production informatisée — le concept de l'usine complètement automatisée dans laquelle tous les procédés de fabrication sont intégrés et commandés par un ordinateur central.

produits pharmaceutiques — produits médicaux pour usage humain; ex. agents diagnostics, médicaments et vaccins.

programmation en langage naturel — programmation d'ordinateur faite avec des langages naturels comme le français plutôt qu'avec des langages machine comme le FORTRAN ou le BASIC.

puce — nom commun du circuit intégré (CI).



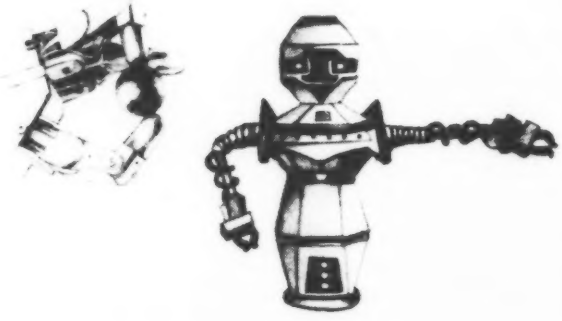
recombinaison d'ADN — fusion de fragments d'ADN de divers organismes; permet de manipuler la matière génétique des cellules.

répéteur — dispositif émetteur-récepteur de données; les signaux peuvent être retransmis à des fréquences différentes.

réseau local — système de communication qui permet la liaison à grande vitesse et sur de grandes distances de plusieurs unités de traitement d'information.

rhizobium — bactérie capable de fixer l'azote atmosphérique et qui forme des nodosités sur les racines de légumineuses telles le trefle et la luzerne.

robot — machine qui accomplit automatiquement des tâches traditionnellement réservées aux hommes; utilisée surtout pour les tâches répétitives sur les chaînes de montage.



semi-conducteur/trice — matière dont la conductivité électrique se situe entre celle d'un élément conducteur (ex. les métaux comme le cuivre) et un isolateur (ex. le verre).

silicium — après l'oxygène, l'élément le plus abondant de la croute terrestre, forme naturellement une partie du sable; le semi-conducteur le plus utilisé dans les circuits intégrés.

soucoupe parabolique — antenne en forme de soucoupe utilisée pour émettre et recevoir des signaux de radio, de télévision et de données transmis par satellite.

souris — dispositif manuel qui se promène sur un bureau informatisé; utilisé à la place de commandes entrées au clavier pour faire fonctionner l'ordinateur.

synthétiques — substances ou produits créés par procédés de synthèse chimique.

système « clés en main » — système complet vendu dans un état prêt à utiliser, comprenant tout le matériel et les logiciels requis pour des applications particulières.

système de temps réel — système dans lequel le temps de réponse entre l'entrée des données et les sorties (résultats) est très petit; entrées et sorties sont presque simultanées.

système de vision machine — capacité de balayer des articles et de déterminer où ils se trouvent; la logique du système dicte au robot quoi faire.

système d'exploitation — ensemble des programmes nécessaires à l'exploitation de l'ordinateur et qui pilote tous les autres programmes.

système expert — savoir informatisé d'experts dans des domaines restreints; ex. le diagnostic.

système flexible de fabrication — machines reliées par un système de transport et sous la commande d'un ordinateur central, permettant la transformation simultanée de diverses variétés de pièces.

téléchargement — transfert de données de l'unité centrale aux périphériques.

télécommunications — transmission de signaux sur de grandes distances.

téléconférence — méthode qui permet de conférer même à distance avec des gens grâce aux liaisons de télécommunications; les formes les plus communes sont les conférences par ordinateurs et les conférences vidéo.

télécopieur — machine qui transmet des pages d'information par voie de télécommunications.

télétexte	méthode de diffusion d'information portée par un signal de télédiffusion ordinaire; les téléspectateurs peuvent choisir des pages de texte et d'infographie à l'aide d'un décodeur et d'un clavier.
Télidon	système de vidéotex canadien.
télématique	mariage de l'informatique et des télécommunications.
terminal à écran à contact	terminal dont l'écran est sensible au toucher; on peut commander l'ordinateur en touchant des positions sur l'écran.
terminal de visualisation	dispositif à tube cathodique qui affiche l'information; relié d'habitude à un clavier pour l'entrée et la révision d'informations.
trace écrite	sortie imprimée, d'habitude sur papier, de l'image sur l'écran vidéo ou d'ordinateur; ex. dessins, graphismes, listes et rapports.
traceur	dispositif utilisé pour produire une trace écrite de l'image enregistrée en mémoire d'ordinateur.
traitement de connaissances	traitement informatique de connaissances.
traitement d'images	traitement informatique d'informations graphiques; comprend l'amélioration des images, l'extraction de certains éléments, l'enregistrement numérique des images pour transmission ou extraction ultérieure, etc.
traitement par lots	traitement de travaux, articles, entrées ou programmes divers simultanément dans un groupe (lot).
tube cathodique	dispositif ressemblant aux tubes de télévision qui présente visuellement les données; utilisé dans les écrans moniteurs et les écrans à visualisation.
unité centrale	le « cerveau » de l'ordinateur; contient tous les circuits de traitement nécessaires qui commandent l'interprétation et l'exécution d'instructions; ex. recherche, décodage, traitement.
vidéodisque	disque sur lequel sont enregistrés son, texte, éléments graphiques ou les images cinéma pour lecture au téléviseur ou sur écran d'ordinateur; la lecture se fait par un lecteur à laser.
vidéotex	système permettant de dialoguer avec l'ordinateur; les utilisateurs peuvent extraire des données textuelles ou graphiques enregistrées dans une base de données en pressant des boutons de clavier ou en touchant un écran à contact.
vision machine	les machines peuvent « voir » en interprétant des données captées par des détecteurs visuels, souvent en assignant des codes numériques aux points d'une grille pour représenter des valeurs d'intensité lumineuse ou de distance.

La terminologie des technologies douces, une terminologie qui s'impose

actionnariat des salariés	régimes d'intéressement permettant aux compagnies de distribuer des actions aux employés, d'habitude selon le salaire ou l'ancienneté.
cercle de qualité	petits groupes d'employés travaillant à l'usine au niveau des opérations journalières et qui aident à identifier les problèmes de production, à élaborer des plans pour les résoudre et à mettre les solutions en pratique.
CSP	contrôle statistique des procédés—utilisation des concepts de base de la statistique pour contrôler le degré auquel les produits répondent aux spécifications d'ingénierie.
démocratie industrielle	peut se manifester par une présence syndicale dans la planification de l'économie nationale ou sur les conseils d'administration, ainsi que par les formes traditionnelles de revendication des droits et des responsabilités des travailleurs comme la négociation collective.
efficacité organisationnelle	terme général qui englobe de nombreuses innovations dans le milieu du travail (ex. qualité de vie de travail, SST, implication des employés et le partage des bénéfices) qui tiennent compte des besoins humains tout en améliorant la productivité.
équipe de risque	équipe de travailleurs formée pour « acheter » une innovation d'un individu ou d'une section d'une organisation et l'amener au stade de commercialisation.
équipe de travail semi-autonome	le travail est organisé de façon à ce que les groupes soient les principaux responsables de décisions dans les domaines de l'embauche, du rythme de travail, des horaires et du contrôle de la qualité.
gestion des stocks par la livraison à point (LAP)	la livraison à point de pièces à la chaîne de montage permet de réduire les stocks.
horaires variables	façon d'organiser le travail qui donne aux travailleurs une plus grande liberté dans leurs allées et venues, tout en respectant certaines limites et le nombre d'heures qu'ils doivent travailler par semaine.
participation aux bénéfices	plans qui permettent aux travailleurs de partager les gains réalisés à cause d'une productivité accrue en leur octroyant un bonus; parmi ces plans il y a les plans « Improshare », Scanlon et Rucker.
participation des employés	les programmes d'implication des employés mettent en place des mécanismes permettant de passer de l'information aux employés, d'obtenir de la rétroaction et de faire participer les employés à la prise de décision.

participation des employés aux décisions

plans utilisés pour faire appel aux compétences des travailleurs et assurer un sens d'engagement; la gamme va de l'actionnariat des salariés à leur présence sur les conseils d'administration et, enfin, à de simples occasions d'échanger de l'information.

qualité de vie au travail (QVT)

comprend non seulement les heures de travail et la rémunération mais aussi le fait de favoriser un sens de satisfaction et de contentement au travail; ex. la façon de concevoir et de rémunérer un poste, la satisfaction gagnée par la participation aux décisions.

rémunération par compétence

approche à la rémunération qui appuie le concept multi-compétences; on encourage les travailleurs à apprendre comment accomplir une variété de fonctions et ils sont rémunérés en conséquence des compétences acquises.

SST

systèmes socio-techniques—approche au travail qui incorpore de façon explicite les besoins techniques et sociaux (humains) dans le développement organisationnel.

Conseil économique
du Canada

Economic Council
of Canada